

AUS DER CHIRURGISCHEN UND GYNÄKOLOGISCHEN KLEINTIERKLINIK  
LEHRSTUHL FÜR ALLGEMEINE UND SPEZIELLE CHIRURGIE  
EINSCHLIEßLICH AUGENKRANKHEITEN  
DER TIERÄRZTLICHEN FAKULTÄT DER  
LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Vorstand: Prof. Dr. Dr. med. vet. habil. U. Matis

**Ellbogengelenkdysplasie des Hundes:  
Studie zur bildgebenden Diagnostik und postoperativen  
Erfolgskontrolle mittels computerisierter Ganganalyse**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde  
der Tierärztlichen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität München

von  
Karin Mussmann  
aus  
München

**München 2009**

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Braun

Referentin: Univ.-Prof. Dr. Matis

Koreferent: Prof.-Dr. Knospe

Tag der Promotion: 06 Februar 2009

*"Ganze Zeitalter von Liebe werden nötig sein, um  
den Tieren unsere Dienste und Verdienste an uns  
zu vergelten."*

CHRISTIAN MORGENSTERN



## INHALTSVERZEICHNIS

<b>I. EINLEITUNG</b>	1
<b>II. THEORETISCHE GRUNDLAGEN</b>	2
<b>1 Ellbogengelenkdysplasie</b>	2
1.1 <i>Definition und Geschichte</i>	2
1.2 <i>Die Ellbogengelenkdysplasie im Wandel der Zeit</i>	2
<b>2 Grundzüge der Anatomie und Physiologie des Ellbogengelenkes</b>	4
2.1 <i>Allgemeines</i>	4
2.2 <i>Kraftübertragung auf den Ellbogen</i>	5
<b>3 Erkrankungen des Ellbogens</b>	7
3.1 <i>Gemeinsame Ätiologie</i>	7
3.2 <i>Chondrosis dissecans (CD)/ Osteochondrosis dissecans (OCD)</i>	8
3.3 <i>Fragmentierter Processus coronoideus medialis ulnae (FPCMU)</i>	9
3.4 <i>Isolierter Processus anconaeus (IPA)</i>	11
<b>4 Inkongruenz des Ellbogengelenkes</b>	13
<b>5 Weitere Erkrankungsformen des Ellbogengelenkes - Differentialdiagnosen</b>	15
5.1 <i>Osteoarthrose (Arthropathia deformans)</i>	15
5.2 <i>Unvollständige Ossifikation des Humeruskondylus (IOHC)</i>	15
5.3 <i>Isolierter Medialer Epicondylus</i>	16
5.4 <i>Luxatio antebrachii</i>	16
5.5 <i>Differentialdiagnosen</i>	17
<b>6 Klinische Manifestation und Diagnose der Ellbogengelenkdysplasie</b>	17
6.1 <i>Allgemeines</i>	17
6.2 <i>Röntgen</i>	19
6.2.1 <i>Konturveränderung/ Osteophyten/ Sklerose</i>	23
6.2.2 <i>Stufenbildung/ Inkongruenz/ Asymmetrie des Gelenkspaltes</i>	24
6.2.3 <i>Speziell erkennbare Erkrankungen: IPA, OCD, IOHC</i>	25
6.2.4 <i>Mineralisierte Gelenkkörper/ Corpora libera</i>	26

<b>7 Computertomographie</b>	26
7.1 <i>Konturveränderung/ Osteophyten/ Sklerose</i>	28
7.2 <i>Stufenbildung/ Inkongruenz/ Asymmetrie des Gelenkspaltes</i>	28
7.3 <i>Speziell erkennbare Erkrankungen: IPA, OCD, IOHC</i>	29
<b>8 Szintigraphie</b>	29
8.1 <i>Allgemeines</i>	29
8.2 <i>Szintigrammbeurteilung</i>	31
<b>9 Computerisierte Ganganalyse</b>	32
9.1 <i>Allgemeines</i>	32
9.2 <i>Begriffsbestimmung</i>	32
<b>10 Therapeutisches Vorgehen</b>	37
10.1 <i>Beurteilung der Diagnoseverfahren im Hinblick auf therapeutisches Vorgehen</i>	37
10.2 <i>Konservative Behandlung – medikamentelle Therapie u.a. bei Osteoarthritis</i>	37
10.3 <i>Operatives Vorgehen</i>	39
10.3.1 <i>FPCMU</i>	40
10.3.2 <i>OCD</i>	41
10.3.3 <i>IPA</i>	41
10.4 <i>Operative Zugänge</i>	42
10.5 <i>Mögliche Komplikationen</i>	44
10.6 <i>Operatives Vorgehen bei weiteren Erkrankungen im Ellbogengelenk</i>	44
10.7 <i>Die Arthroskopie und deren Anwendung am Ellbogengelenk</i>	45
<b>11 Prognose und Prophylaxe</b>	47
<b>III. MOTIVATION UND ZIELSETZUNG</b>	49
<b>IV. MATERIAL UND METHODEN</b>	49
<b>1 Patienten</b>	49
1.1 <i>Nachuntersuchung</i>	49
1.1.1 <i>Patientengut</i>	49
1.1.2 <i>Allgemeines</i>	50
<b>2 Bildgebende Verfahren</b>	51
2.1 <i>Röntgenbefunde</i>	51
2.1.1 <i>Archivierte Röntgenbilder</i>	51
2.1.2 <i>Neu erstellte Röntgenbilder</i>	51

<b>2.2</b>	<b><i>CT-Befunde</i></b>	<b>53</b>
<b>2.3</b>	<b><i>Szintigraphie-Befunde</i></b>	<b>54</b>
<b>2.4</b>	<b><i>Computerisierte Ganganalyse</i></b>	<b>54</b>
<b>V.</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>56</b>
<b>1</b>	<b>Patientendaten</b>	<b>56</b>
<b>1.1</b>	<b><i>Anzahl und Rasse</i></b>	<b>56</b>
<b>1.2</b>	<b><i>Körpergewicht</i></b>	<b>56</b>
<b>1.3</b>	<b><i>Geschlecht</i></b>	<b>57</b>
<b>1.4</b>	<b><i>Altersverhältnisse</i></b>	<b>57</b>
<b>2</b>	<b>Lokalisation der Operation</b>	<b>57</b>
<b>3</b>	<b>Anamnestiche Daten</b>	<b>58</b>
<b>4</b>	<b>Postoperative Behandlung</b>	<b>59</b>
<b>5</b>	<b>Klinische Ergebnisse</b>	<b>59</b>
<b>5.1</b>	<b><i>Klinische Lahmheitsuntersuchung</i></b>	<b>59</b>
<b>5.2</b>	<b><i>Goniometrie</i></b>	<b>61</b>
<b>5.3</b>	<b><i>Bewegungsradius Ellbogengelenk</i></b>	<b>65</b>
<b>5.4</b>	<b><i>Ganganalytische Untersuchung</i></b>	<b>65</b>
<b>5.4.1</b>	<b><i>Kinetik</i></b>	<b>65</b>
<b>5.4.2</b>	<b><i>Kinematik</i></b>	<b>66</b>
<b>5.4.3</b>	<b><i>Vergleich Ergebnisse Ganganalyse – klinische Lahmheitsbeurteilung</i></b>	<b>69</b>
<b>5.5</b>	<b><i>Bildgebende Verfahren</i></b>	<b>70</b>
<b>5.5.1</b>	<b><i>Befund/ Diagnose Röntgenbilder</i></b>	<b>73</b>
<b>5.5.2</b>	<b><i>Ergebnisse der Szintigraphie</i></b>	<b>74</b>
<b>5.5.3</b>	<b><i>Computertomographie</i></b>	<b>75</b>
<b>VI.</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>82</b>
<b>1</b>	<b>Patientendaten</b>	<b>82</b>
<b>2</b>	<b>Anamnestiche Daten</b>	<b>82</b>
<b>2.1</b>	<b><i>Rasse</i></b>	<b>82</b>
<b>2.2</b>	<b><i>Geschlecht</i></b>	<b>83</b>
<b>2.3</b>	<b><i>Alter</i></b>	<b>83</b>
<b>2.4</b>	<b><i>Lahmheitsverlauf</i></b>	<b>83</b>
<b>3</b>	<b>Diagnose und Therapie</b>	<b>85</b>
<b>3.1</b>	<b><i>Therapieerfolg</i></b>	<b>85</b>
<b>3.2</b>	<b><i>Diagnostik</i></b>	<b>85</b>

<b>4 Operationstechniken</b>	86
<i>4.1 Mediale Arthotomie</i>	86
<i>4.2 Osteotomien</i>	86
<i>4.2 Zusätzliche chirurgische Verfahren</i>	88
<b>5 Erkrankungen</b>	88
<b>6 Klinische Daten</b>	89
<b>7 Bildgebende Verfahren</b>	90
<i>7.1 Röntgen und Computertomographie</i>	90
<i>7.2 Inkongruenzen</i>	92
<i>7.2.1 Humeroulnare Inkongruenz</i>	93
<i>7.2.2 Radioulnare Inkongruenz</i>	93
<i>7.2.3 Darstellung der Inkongruenz</i>	93
<b>8 Computertomographische Daten</b>	94
<b>9 Szintigraphie</b>	95
<b>10 Computerisierte Ganganalyse</b>	97
<i>10.1 Gelenkwinkelbestimmung mittels Kinematik</i>	101
<i>10.2 Differenzierung Kinematik -Goniometrie</i>	102
<b>VII. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK</b>	103
<b>VIII. SUMMARY AND PROSPECT</b>	105
<b>IX. APPENDIX 1 - PATIENTENFRAGEBOGEN</b>	107
<b>IX. APPENDIX 2 - UNTERSUCHUNGSPROTOKOLL</b>	108
<b>X. LITERATURVERZEICHNIS</b>	109



---

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ARTH	Arthrose
BSH	Berner Sennenhund
CT	Computertomographie
DJD	degenerative joint disease
dtl.	deutlich
ED	Ellbogengelenkdysplasie
EI	Ellbogengelenk-Inkongruenz
FPC	Fragmentierter Processus coronoideus
FCP	fragmented coronoid process
FPCMU	Fragmentierter Processus coronoideus medialis ulnae
F <sub>x</sub>	mediolaterale Bodenreaktionskraft
F <sub>y</sub>	kraniokaudale Bodenreaktionskraft
F <sub>z</sub>	vertikale Bodenreaktionskraft
ggr.	geringgradig
GRF	ground reaction forces
HE	Hounsfield Einheiten
hgr.	hochgradig
IEWG	International Elbow Working Group
IOHC	incomplete ossification of the humeral condyle
IPA	Isolierter Processus anconaeus
LH	Lahmheit
LMU	Ludwigs-Maximilian-Universität
Lig.	Ligamentum
M.	Musculus
Median	Mittelwert
mgr.	mittelgradig
MPR	multiplanare Reformation
MRT	Magnetresonanztomograph
NSAIDs	nichtsteroidale Antiphlogistika
OCD	Osteochondrosis dissecans
PA	Processus anconaeus
PCMU	Processus coronoideus medialis ulnae
Prä OP	präoperativ
Proc.	Processus
ROI	region of interest
ROM	range of motion
SSD	shaded surface display
STABWN	Standardabweichung
TEA	total elbow arthroplasty
WT	Weichteil



## **I. EINLEITUNG**

Der Begriff Ellbogengelenkdysplasie (ED) umfasst die beim Hund häufigsten entwicklungsbedingten Erkrankungen des Ellbogengelenkes:

- fragmentierter Processus coronoideus
- Osteochondrosis dissecans
- isolierter Processus anconaeus

Die zunehmende klinische Relevanz der ED führte zu der internationalen Initiative eine Vereinheitlichung des Screenings zu entwickeln, um Tierärzten und Züchtern wertvolle Informationen zu liefern. Die sich damit befassende Arbeitsgruppe ist die INTERNATIONAL ELBOW WORKING GROUP. Sie erlässt Richtlinien zur röntgenologischen Beurteilung des Ellbogengelenkes und darauf gestützte Empfehlungen zur Zucht.

Da Ätiologie, Diagnose und Therapie der ED immer noch kontrovers diskutiert werden, gibt es zahlreiche Studien zur genaueren Charakterisierung der ED.

Durch moderne Untersuchungsverfahren, wie die computergestützte Ganganalyse, ist es möglich immer mehr Daten zu den Bewegungsabläufen bei Tieren zu sammeln.

Um diese in Bezug auf das Ellbogengelenk zu erweitern, werden hier die Gelenke der Schultergliedmaßen der untersuchten Hunde mittels Goniometrie und kinematischer Ganganalyse beurteilt. Als objektives Verfahren ergänzt die kinetische Ganganalyse die klinische Lahmheitsbeurteilung und wird zur Evaluierung des Behandlungserfolges herangezogen.

In dieser Arbeit wurden die Möglichkeit der Diagnosestellung durch bildgebende Verfahren und der Behandlungserfolg untersucht.

## II. THEORETISCHE GRUNDLAGEN

### 1 Ellbogengelenkdysplasie

#### 1.1 Definition und Geschichte

Der Begriff „Dysplasie“ bedeutet Abweichung von der normalen Entwicklung bei der Ausbildung eines bestimmten Gewebes oder Körperteiles. Bei der Ellbogengelenkdysplasie handelt es sich also um Erkrankungen, die dem Ellbogengelenk eine veränderte Form geben.

#### 1.2 Die Ellbogengelenkdysplasie im Wandel der Zeit

**1931:** Eine Röntgenaufnahme der Tierärztlichen Hochschule in Wien zeigte ein von der Ellbogengelenkdysplasie betroffenes Gelenk. Damals wurde jedoch das Krankheitsbild noch nicht ganz zutreffend gedeutet, da man für die Veränderungen rein traumatische Ursachen vermutete (Pobisch et al. 1972).

**1956:** Stiern beschrieb ein ektopisches Sesambein im Bereich des Ellbogens, das er *Patella cubiti* nannte (Stiern 1956). Später wurde das in seiner Studie dargestellte Fragment als isolierter *Processus anconaeus* identifiziert (Loeffler 1963; Mahoney und Lamb 1996).

**1961:** Carlson und Severin reihten den isolierten *Processus anconaeus* unter dem Begriff Ellbogengelenkdysplasie ein. Sie zeigten auch, dass distal am Humerus und proximal an Radius und Ulna arthrotische Veränderungen auftreten können (Carlson und Severin 1961).

**1966:** Ljunggren, Cawley und Archibald verstanden unter dem Begriff der Ellbogengelenkdysplasie den isolierten *Processus anconaeus*, den isolierten medialen *Epicondylus humeri* und die *Patella cubiti* (Scartazzini 1969).

Als *Patella cubiti* bezeichnet man einen seltenen Defekt der Ulna, bei dem die proximale Metaphyse nicht ordnungsgemäß mit der Ulna verschmolzen ist und so von dieser getrennt kaudal des Ellbogens als knöchernes Fragment in Erscheinung tritt (Mahoney und Lamb 1996).

**1968:** Corley und Carlson definierten die Ellbogengelenkdysplasie als eine wachstumsbedingte Störung im Ellbogengelenk, die sich als frühe Osteoarthritis manifestiert und mit oder ohne isolierten *Processus anconaeus* auftreten kann (Grøndalen 1973).

**1974:** Stevens und Sande schlugen als Vereinfachung eine Unterteilung der Ellbogengelenkdysplasie in Gruppen vor. Gruppe I umfasste eine Trennung an den Epiphysenfugen. Zu ihr gehörten somit der isolierte *Processus anconaeus*, der isolierte mediale Humerusepikondylus und die *Patella cubiti*. Gruppe II umfasste kongenitale Luxationen und zu Gruppe III zählte der vorzeitige Schluss von epiphysären Wachstumsfugen (Fox et al. 1983).

Bis Mitte der 70er Jahre wurden die meisten Fälle einer Osteoarthrose des Ellbogengelenkes als primäre Erkrankung angesehen. Nur dem isolierten *Processus anconaeus* wurde eine durch ihn bedingte sekundäre Arthrose zugeschrieben.

Die Entdeckung des fragmentierten *Processus coronoideus* und der *Osteochondrosis dissecans* der *Trochlea humeri* erweiterten jedoch diese Sichtweise.

1974 wurde von Olsson bei einem Hund eine schwere Erosion des Knorpels am medialen Anteil des Humeruskondylus, ausgelöst durch ein loses Knochenstück am *Processus coronoideus* der Ulna, als Ursache für arthrotische Veränderungen beschrieben. Diese Erscheinung wurde zunächst als nichtvereinigter medialer *Processus coronoideus* bezeichnet (Olsson 1983).

Der Name fragmentierter *Processus coronoideus medialis ulnae* trifft allerdings besser zu, da dieser kein eigenes Ossifikationszentrum besitzt (Fox et al. 1983; Guthrie et al. 1992b).

**1989:** Gründung der IEWG, der „INTERNATIONAL ELBOW WORKING GROUP“. Diese erlässt einheitliche Untersuchungsprotokolle und Richtlinien zur Diagnostik mittels Röntgenbildern und koordiniert verschiedene Maßnahmen zur Minimierung der Häufigkeit der Ellbogengelenkdysplasie (Meutstege 1995).

**Heute:** Heute versteht man unter dem Begriff Ellbogengelenkdysplasie im engsten Sinn die Krankheitsbilder des isolierten *Processus anconaeus*, des fragmentierten *Processus coronoideus medialis ulnae*, die *Osteochondrosis dissecans* der *Trochlea humeri* (Wolvekamp 2001) und die Inkongruenz des Ellbogengelenkes (Nap 1995; Meij und Hazewinkel 1996; Janutta et al. 2005).

## 2 Grundzüge der Anatomie und Physiologie des Ellbogengelenkes

### 2.1 Allgemeines

Das Ellbogengelenk (*Articulatio cubiti*) des Hundes ist ein vollkommenes Scharniergelenk, auch *Ginglymus* genannt (Liebich und König 1999).

Der *Condylus humeri* artikuliert zweifach, einerseits mit der *Incisura trochlearis ulnae*, andererseits mit dem *Caput radii* und bildet so die *Articulatio humeroulnaris* und *Articulatio humeroradialis*. Die ausgeprägten Führungskämme der Gelenkwalze und das tiefe Einsenken des Olekranon in die *Fossa olecrani* erlauben nur die Beugung und Streckung des Gelenkes (Fox et al. 1983; Liebich und König 1999). Für die geringgradig mögliche Pronation und Supination im Unterarm sorgt die *Articulatio radioulnaris proximalis* (Boulay 1998). Sie wird von der *Circumferentia articularis radii* und der *Incisura radialis ulnae* gebildet und funktioniert als Drehgelenk (*Articulatio trochoidea*) (Budras und Fricke 1996; Liebich und König 1999).

Die Seitenbänder des Gelenkes sind stark entwickelt und verbinden beidseitig die Bandgruben bzw. -höcker des *Epicondylus lateralis* und *medialis humeri* mit denen des Radius bzw. der Ulna. Das *Ligamentum anulare radii* ist ein dünnes Band, das den Radiuskopf unter den Seitenbändern umgibt. Es umfasst in der Beugeseite den Radiuskopf und verläuft unter den Seitenbändern zur *Incisura radialis ulnae*. Elle und Speiche sind durch die proximalen (*Ligamentum interosseum antebrachii*, *Membrana interossea antebrachii*) und distalen radioulnaren (*Ligamentum radioulnare*) Bänder fest verbunden (Fox et al. 1983; Liebich und König 1999).

Die Gelenkkapsel des Ellbogens umfasst alle drei Gelenkanteile. Sie ist verhältnismäßig eng, stülpt sich kranial bis unter den *Musculus biceps brachii* vor und zieht kaudal bis zum proximalen Rand der *Fossa olecrani*. Vom medialen Epikondylus des Humerus zum *Processus anconaeus* ziehend befindet sich das *Ligamentum olecrani*, das zur Straffung der Gelenkkapsel beiträgt (Liebich und König 1999).

Im unreifen Ellbogengelenk existieren mehrere Wachstumszonen mit unterschiedlicher Wachstumspotenz. Davon gehören drei Ossifikationszentren zum distalen Humerus: Der mediale und laterale Anteil des *Condylus humeri* und der *Epicondylus medialis*.

Der proximale Teil der Ulna weist zwei Verknöcherungszonen auf, die Apophyse des Olekranon und den Verknöcherungskern des *Processus anconaeus*. Letzterer tritt im Alter von 12 – 14 Wochen in Erscheinung. Zu diesem Zeitpunkt beginnt der mediale *Processus coronoideus* von der Basis in Richtung Spitze zu verknöchern. Dieser Vorgang endet in der 20. – 22. Lebenswoche. Zeitgleich erfolgt auch der Schluss der Fuge des *Processus anconaeus*.

Ein eigenes Ossifikationszentrum des *Processus coronoideus medialis ulnae* ist histologisch nicht nachweisbar (Guthrie et al. 1992b). Die Ossifikation erfolgt hier ausschließlich durch appositionelle Ossifikation und ist etwa 6 Wochen nach Fugenschluss des *Processus anconaeus* abgeschlossen (Breit et al. 2005b; Fehr et al. 2006).

Die einzelne distale Ulnaepiphyse trägt zum Längenwachstum des Unterarmes in gleichem Maß bei wie die proximale und distale Radiusepiphyse gemeinsam (Baumer 1992; Nap 1995; Sjöström et al. 1995; Boulay 1998).

Passen die Gelenkflächen genau zueinander, bezeichnet man ein Ellbogengelenk als kongruent. Dies setzt ein koordiniertes Wachstum während der Entwicklung voraus (Samoy et al. 2006). Es gibt allerdings auch Untersuchungen die zeigen, dass der humeroulnare Anteil des Ellbogens bei gesunden Hunden nicht komplett kongruent ist. Demnach würden sich die Kontaktflächen der Gelenkanteile während der Belastung ändern. Diese physiologische Inkongruenz hat den Vorteil einer ausgeglicheneren Druckverteilung über die gesamte Gelenkfläche (Maierl et al. 1999; Maierl et al. 2000; Maierl et al. 2004).

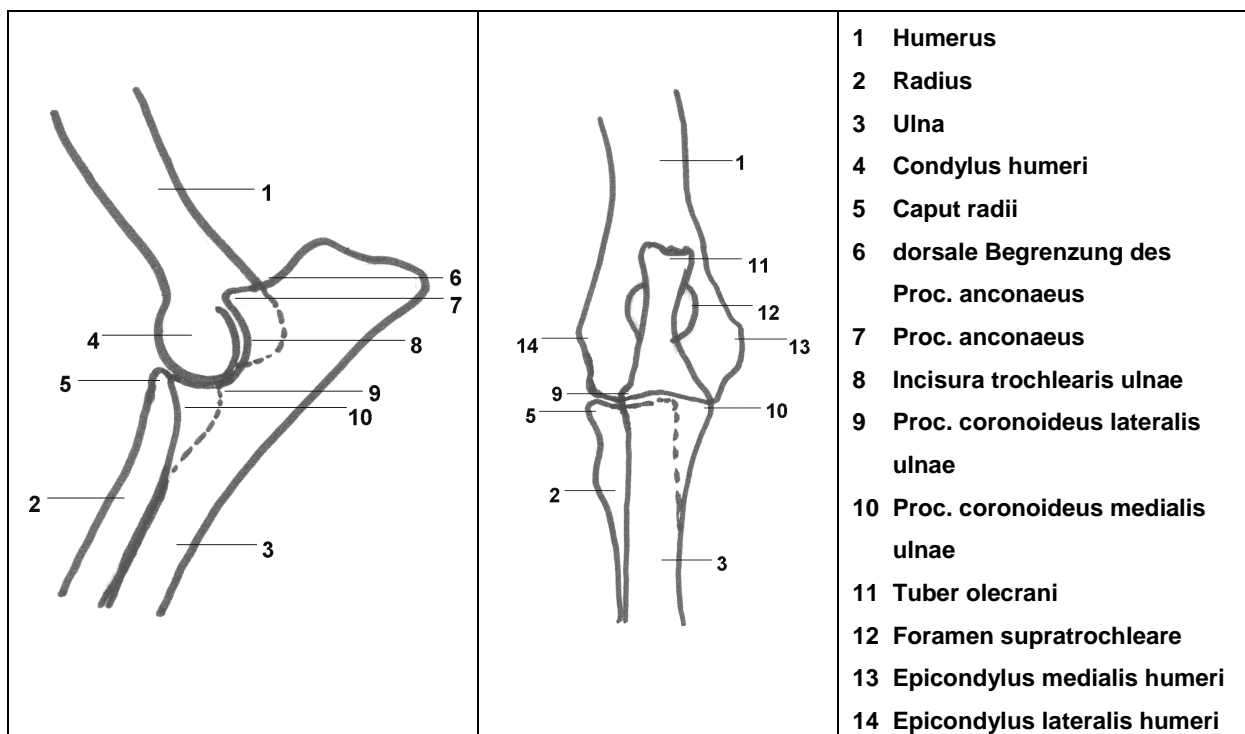


Abb. 1: Anatomie des Ellbogengelenkes.

## 2.2 Kraftübertragung auf den Ellbogen

Das Ellbogengelenk ist teilweise starken Belastungen und Scherkräften unterworfen. Durch die geringe Rotationsmöglichkeit und den niedrigen Schutzanteil umliegender Weichteilstrukturen können seitlich und kaudal einwirkende Stöße schlecht abgefangen werden (Campbell 1969).

Der kраниomediale Teil des *Processus coronoideus medialis ulnae* und der *Processus anconaeus* verknöchern um den 4. Lebensmonat. Zu diesem Zeitpunkt sind bereits alle anderen Teile der Ulna mit Ausnahme der Epiphysenfugen ossifiziert. Der Gelenkknorpel des *Condylus medialis humeri* bleibt längere Zeit dicker als der des lateralen Kondylus (Walde und Tellhelm 1991; Guthrie et al. 1992b). An der Spitze des *Processus coronoideus medialis ulnae* ist der Knorpelüberzug ebenfalls dicker ausgebildet. An beiden Stellen treten bevorzugt Knorpeldefekte auf (Guthrie et al. 1992b).

Ein höherer Druck auf die *Trochlea humeri* und den PCMU kann in einer Wachstumsverzögerung des Radius mit der Ausbildung eines Stufengelenkes resultieren. Dies wird auch als Short-Radius-Syndrom bezeichnet. Im Gegensatz dazu wirkt beim isolierten *Processus anconaeus* der Druck durch den relativ zu langen Radius von unten (Walde und Tellhelm 1991).

Eine gewisse physiologische Inkongruenz im Humeroulnargelenk wird durch Zugbeanspruchung erklärt. Dabei beginnt die Kraftübertragung bei leichter Belastung im peripheren Gelenkbereich mit geringem Druck. Steigt die Belastung während der Standphase, werden im größeren Ausmaß die zentralen Anteile mitbelastet. Dadurch entsteht zusätzlich zum Druck eine Zugbeanspruchung im Bereich der *Incisura trochlearis ulnae* und es wird eine bessere Druckverteilung erreicht. Abzugrenzen ist diese humeroulnare physiologisch bei manchen Hunderassen auftretende Inkongruenz von einer radioulnaren Inkongruenz. Maierl et al. achteten deswegen darauf, dass die untersuchten Gelenke keine radioulnare Inkongruenz oder arthrotischen Veränderungen aufwiesen (Maierl et al. 2000; Maierl et al. 2004).

Etwa 65% des Körpergewichts eines Hundes ruhen auf dessen Schultergliedmaßen. Anfangs ging man davon aus, dass der proximale Radius die Hauptlast von bis zu 80% übernimmt. Neuere Studien gehen jedoch von der gegenteiligen Situation aus (Berzon und Quick 1980; Fox et al. 1983; Sjöström 1998; Körbel 2000; Hofmann 2002).

Die Anteile der Ulna leisten einen wichtigen Beitrag zur Stabilisierung des Gelenkes. Der *Processus anconaeus* verhindert während der Belastung eine Rotation und laterale Instabilität (Fox et al. 1983; Sjöström et al. 1995). In diesem Zusammenhang spielen auch die Kollateralbänder des Ellbogens eine Rolle. Dabei sorgt das mediale Seitenband für die mediale Stabilisierung (Montavon und Savoldelli 1995).

Die Ulna und insbesondere der mediale *Processus coronoideus* tragen wesentlich zur Kraftübertragung im Ellbogen bei (Breit et al. 2005a; Mason et al. 2005). Veränderungen der Belastung können zur Ellbogengelenkdysplasie führen. Bei einer radioulnaren Inkongruenz konzentriert sich der Kontakt der Gelenkflächen immer mehr auf den lateralen Aspekt des medialen *Processus coronoideus* (Mason et al. 2005).



Die Trabekelstruktur des PCMU zeigt im Vergleich zu anderen Knochen bereits zu einem frühen Zeitpunkt eine deutlich ausgeprägte Ausrichtung. Dies ist auf die hohe mechanische Belastung in jungem Alter zurückzuführen. Eine Kompression im Ellbogen entsteht vor allem in der Bewegung während sich die Gliedmaße in der Abstoßphase befindet. Zu diesem Zeitpunkt ist der Ellbogen deutlich durch den Trizeps gestreckt (Wolschrijn und Weijs 2004; Wolschrijn und Weijs 2005).

### 3 Erkrankungen des Ellbogengelenkes

#### 3.1 Gemeinsame Ätiologie

Eine Ellbogengelenkdysplasie im Sinne eines FPCMU und die Osteochondrose sind zwei eng miteinander verbundene Erkrankungskomplexe. Beide zeichnen sich durch ihre multifaktoriell bedingte Entstehung aus. Als Ursachen werden erbliche, mechanische und metabolische Faktoren vermutet (Corley und Carlson 1965; Berzon und Quick 1980; Alexander et al. 1981; Wind 1986a; Guthrie und Pidduck 1990; Boulay 1998; Sjöström 1998; La Fond et al. 2002; Lafond et al. 2002; Kapatkin et al. 2003; Flückiger 2005; Janutta et al. 2006).

Der fragmentierte *Processus coronoideus medialis ulnae*, die *Osteochondrosis dissecans* der *Trochlea humeri* und bedingt auch der isolierte *Processus anconaeus* werden als Manifestationsformen einer gestörten enchondralen Ossifikation angesehen (Pobisch et al. 1972; Punzet 1973; Boudrieau et al. 1983; Fox et al. 1983; Read et al. 1990; Walde und Tellhelm 1991; Cook 2001).

Während einerseits diverse Gelenkveränderungen einer gestörten enchondralen Ossifikation zugeschrieben werden, wird andererseits auch auf eine scheinbar abweichende Genese der Manifestation des isolierten *Processus anconaeus*, FPC und der OCD des medialen *Condylus humeri* infolge einer Gelenkinkongruenz hingewiesen. Eine solche fehlerhafte Ausbildung des Ellbogengelenkes hängt letztlich jedoch auch mit einer gestörten Ossifikation zusammen. Daher stehen die Ätiopathogenese der Ellbogengelenkdysplasie und der Osteochondrose nicht im Widerspruch zueinander (Walde und Tellhelm 1991).

Histologische Untersuchungen stellen den FPC als subchondrale Fraktur mit teilweise ineffektivem fibrösen Reparaturmechanismus dar (Guthrie et al. 1992a).

Die genannten Erkrankungen können einzeln oder in Kombination sowohl in einem Gelenk als auch bilateral auftreten (Alexander et al. 1981; Boudrieau et al. 1983; Wind 1986a; Wind 1986b; Cook 2001; Meyer-Lindenberg et al. 2006a). Guthrie beschreibt 1989 in einer retrospektiven Studie bei der Hälfte der untersuchten Hunde (335) ein bilaterales Auftreten der Osteochondrose (Guthrie 1989). Es ist auch möglich, dass bilateral betroffene Hunde nur in einem Ellbogen eine OCD aufweisen und im anderen eine andere Läsion (Guthrie 1989). Die ED gilt als eine der häufigsten erblichen Erkrankungen des Hundes (Flückiger 2005; Janutta et al. 2006).

Schon 1956 als Stiern von drei Hunden mit Ellbogengelenkveränderungen berichtete fiel auf, dass diese miteinander verwandt waren (Stiern 1956). Loeffler bezeichnete den isolierten *Processus anconaeus* als angeborene, ererbte Anomalie (Loeffler 1963). Heute deuten die meisten Studien auf einen quantitativen Vererbungsweg hin. Dieser wird jedoch auch durch weitere Faktoren beeinflusst, zum Beispiel durch die Ernährung und ein eventuell damit verbundenes exzessives Wachstum (Guthrie und Pidduck 1990; Janutta et al. 2006).

Besonders häufig sind große, schnellwüchsige Hunderassen von der Ellbogengelenkdysplasie betroffen (Guthrie und Pidduck 1990; Boulay 1998; Hazewinkel 2007). Am häufigsten werden dabei Labrador oder Golden Retriever, Rottweiler, Deutscher Schäferhund, Berner Sennenhund und Neufundländer aufgeführt (Olsson 1983; Guthrie 1989; Beuing et al. 2000; Cook 2001; Lafond et al. 2002; Flückiger 2005; Meyer-Lindenberg et al. 2006a).

Rüden scheinen häufiger betroffen zu sein als Hündinnen, was meist auf ein höheres Körpergewicht zurückgeführt wird (Berzon und Quick 1980; Boudrieau et al. 1983; Guthrie 1989; Grøndalen 1996; Beuing et al. 2000; Cook 2001).

Die Entstehung von Inkongruenzen oder Instabilitäten im veränderten Ellbogengelenk führt im weiteren Verlauf zu Osteoarthrosen (Boulay 1998).

Durch Traumen hervorgerufene Veränderungen des Ellbogengelenkes weisen ein ähnliches Erscheinungsbild auf, werden jedoch nicht zu den klassischen Ellbogengelenkdysplasien gezählt (Nap 1995).

### **3.2 *Chondrosis dissecans (CD)/ Osteochondrosis dissecans (OCD)***

Unter Osteochondrose versteht man eine Störung im Gleichgewicht der Neubildung und Resorption des Wachstumsknorpels während der Skelettentwicklung (Walde und Tellhelm 1991). Für diese Erkrankung werden mehrere Begriffe synonym verwendet. Die Bezeichnung Chondrose ist wohl am zutreffendsten, da es sich primär um eine Veränderung am Gelenkknorpel handelt (Alexander et al. 1981; Körbel 2000).

Die Chondrose steht im Zentrum des Krankheitsgeschehens und repräsentiert gleichermaßen Ursache und Prädisposition. Beispielsweise kann sie an der distalen Ulnaepiphyse lokalisiert zu einem verlangsamten Ulnawachstum führen, oder bei retardierter Ossifikation der Apophyse des *Processus anconaeus* zur Prädilektionsstelle einer Frakturierung werden (Bonath und Prieur 1998).

Während des ungestörten Wachstums werden im Rahmen der enchondralen Ossifikation an den zunächst knorpeligen Knochenenden sogenannte sekundäre epiphysäre Ossifikationszentren ausgebildet. Steht der kontinuierlichen Knorpelproliferation eine gehemmte Ossifikation gegenüber, kommt es zur Entstehung einer Osteochondrose. Der Knorpel wird an einigen Stellen zu dick und kann nicht mehr ausreichend versorgt werden. Durch die Verlängerung der Diffusionsstrecke kommt es zur Hypoxie und anschließenden Nekrose der tiefer liegenden Chondrozyten. Es entstehen Lücken zwischen subchondraler Spongiosa und Gelenkknorpel. Kommt es zur Ausdehnung bis zur Oberfläche des Gelenkknorpels, kann die Gelenkflüssigkeit bis zum subchondralen Knochen vordringen. Es folgt eine entzündliche Reaktion, die sich klinisch als *Osteochondritis dissecans* manifestiert. Teile des gestörten Gelenkknorpels können sich von der Gelenkfläche ablösen (Olsson 1973; Alexander et al. 1981; Fox et al. 1983; Walde und Tellhelm 1991; Körbel 2000). Einmal abgetrennte Stücke können entweder resorbiert oder größer werden und verkalken. Letzteres führt zu einem freien Gelenkkörper, auch als *Corpus librum* oder Gelenkmaus bezeichnet (Boudrieau et al. 1983; Olsson 1983).

Die *Chondrosis dissecans* tritt bevorzugt an *Caput humeri*, *Condylus femoris*, distaler Ulnafuge, Talus und den zervikalen Intervertebralgelenken auf (Alexander et al. 1981; Körbel 2000). Das Ellbogengelenk wird als das am zweithäufigsten von Osteochondrose betroffene Gelenk des Hundes beschrieben, als häufigste Form nennt Olsson die OCD am kaudalen Humeruskopf (Olsson 1983; Kippenes und Johnston 1998).

Die Tatsache, dass die Osteochondrose häufiger in der Nachkommenschaft bestimmter Hunde angetroffen wird oder mehrere Welpen eines Wurfes erkranken, lässt eine Vererbung vermuten. Dennoch ist die Ätiologie nicht nur auf die Vererbung zurückzuführen. Fütterungsversuche mit Deutschen Doggen zeigten, dass eine exzessive Kalziumaufnahme in einer generalisierten Störung der enchondralen Ossifikation endet (Voorhout und Hazewinkel 1987b). Es zeigte sich ein pathogener Effekt einer energetischen Überfütterung bzw. Kalziumübersversorgung. Außerdem wurden hormonelle Auswirkungen auf das Epiphysen- und Knorpelwachstum nachgewiesen. Dies verdeutlicht das multifaktorielle Geschehen endogenen Ursprungs (Walde und Tellhelm 1991).

### **3.3    *Fragmentierter Processus coronoideus medialis ulnae (FPCMU)***

Die Fragmentierung des *Processus coronoideus medialis ulnae* lässt sich auf unterschiedliche Ursachen zurückführen. Die Ätiologie ist dabei noch nicht eindeutig geklärt. Hier wäre einerseits die enge Beziehung zum Osteochondrosekomplex und andererseits die Fragmentierung als Folge veränderter Belastungsverhältnisse durch eine Inkongruenz im Ellbogengelenk hervorzuheben (Berzon und Quick 1980; Boulay 1998; Bardet 2004; Holsworth et al. 2005; Theyse et al. 2005). Mikroskopische Untersuchungen erlauben auch Rückschlüsse auf eine reine Knorpelerosion (Read et al. 1990).

Eine Osteochondrose der *Trochlea humeri* führt zu einer typischen OCD-Läsion. Im Gegensatz dazu bleibt ein Coronoidfragment meist bindegewebig mit dem *Ligamentum anulare* verbunden. Diese fibröse Verbindung gestattet die weitere Versorgung und Verknöcherung des Fragmentes (Olsson 1983; Guthrie et al. 1992a; Tietz 1997).

Eine Inkongruenz im Ellbogengelenk im Sinne eines Short-Radius-Syndroms oder eine zu schmale Krümmung der *Incisura trochlearis ulnae* kann als Ursache für eine veränderte Gewichtsbelastung auf den PCMU aufgeführt werden. In dessen Verlauf kommt es zuerst zu einer Fissur und schließlich zu einer möglichen Fragmentierung (Boulay 1998; Viehmann 1998; Bardet 2004; Holsworth 2004).

Histologische Untersuchungen zeigten, dass eine Fissur bzw. Fragmentierung im subchondralen trabekulären Knochen bereits beginnt bevor der Gelenkknorpel deutlich auffasert. Dies unterstützt die Theorie der Osteochondrose als Faktor in der Pathogenese des FPCMU nicht. Es ist allerdings anzumerken, dass diese Studie nicht auf die Untersuchung des Knorpels fokussiert war. Es gibt Hinweise, dass Ermüdungserscheinungen im subchondralen Knochen eine Rolle bei der Entstehung des FPCMU spielen (Danielson et al. 2006).

<b>Typ 1</b>	transversale Fraktur
<b>Typ 2</b>	kraniale Spitze des <i>Processus coronoideus</i> mit sagittal fortgeführter Frakturlinie
<b>Typ 3</b>	Sagittalfraktur, Fragment zwischen Radius und Ulna, kranialer Bereich des PCMU intakt
<b>Typ 4</b>	doppelte Sagittalfraktur, Fragment von Radius und Ulna herausgebrochen, kranialer Bereich des PCMU intakt

Tab. 1: Überblick über häufige Formen der Fragmentierung des FPCMU.  
(Schawalder 1990; Körbel 2000; Künzel et al. 2004).

Neben der Entstehung eines FPCMU durch Gelenkerkrankungen kann es auch durch ein akutes Trauma zu einer Frakturierung kommen. Fehlende degenerative Veränderungen und eine akut auftretende klinische Symptomatik weisen darauf hin (Yovich und Read 1994; Görtz et al. 2004; Haudiquet und Rochereau 2007). Diese Form des FPCMU wird allgemein von der klassischen Ellbogengelenkdysplasie abgegrenzt (Viehmann 1998).

Während die meisten Studien jüngere Hunde untersuchten, beschreiben YOVICH und READ bei zwei erwachsenen Hunden eine akute, traumatisch bedingte Fraktur des *Processus coronoideus medialis ulnae*. Traumatische Frakturen des *Processus coronoideus medialis ulnae* sind eher ungewöhnlich und werden selten berichtet.

Es wäre möglich, dass in bestimmten gewichtstragenden Momenten der Bereich des PCMU durch Druck- und Zugkräfte der Gelenkanteile einer stärkeren Belastung ausgesetzt wird und deshalb frakturiert (Yovich und Read 1994).

Bei beiden Hunden der oben genannten Studie wurden die Fragmente operativ entfernt. Die Gelenkflächen zeigten keine Knorpelveränderungen. Die Gelenkkapsel eines Hundes wies Anzeichen geringgradiger Hämorrhagien auf, war aber ansonsten unauffällig. Dies lässt ein akutes traumatisches Geschehen vermuten. Der Verdacht wird dadurch bestärkt, dass beide Hunde zur vollständigen Lahmheitsfreiheit ohne Bewegungseinschränkungen zurückkehrten (Yovich und Read 1994). Ähnliche Erkenntnisse zur traumatischen Frakturierung des PCMU beschrieben kürzlich auch Haudiquet und Rochereau in einem Fallbericht (Haudiquet und Rochereau 2007).

### **3.4    *Isolierter Processus anconaeus (IPA)***

Das Ausbleiben der Fusion des *Processus anconaeus* mit der Ulna ist eine lang bekannte entwicklungsbedingte Erkrankung. Es gibt unterschiedliche Ansichten zur Entstehung eines IPA. Neben entwicklungsbedingten Ursachen werden auch metabolische, ernährungsbedingte und erbliche Störungen des Wachstums eventuell in Verbindung mit traumatischen Ereignissen als Ursache für die Isolierung bzw. das Ausbleiben der Verknöcherung des *Processus anconaeus* mit der Ulna diskutiert. Die Entstehung im Sinne einer osteochondrotischen Veränderung ist ebenfalls möglich (Sjöström et al. 1995).

Das Fehlen klassischer Entzündungszeichen bei histologischer Betrachtung schließt eine Entstehung durch ein Trauma eher aus (Loeffler 1963). Da die typischen Fragmente gleichförmig sind und die Lahmheit nicht plötzlich auftritt, scheiden traumatische Ursachen als alleiniger Entstehungsgrund in den meisten Fällen aus. Als fundamentale Ursache für die Entstehung eines IPA gilt die Ellbogengelenkinkongruenz (Sjöström 1998). Diese zeigt oftmals einen nach proximal verschobenen Radiuskopf, der das Olekranon kürzer wirken lässt. Durch Wachstumsstörungen des Unterarmes, bei denen es zur relativen Verkürzung der Ulna kommt, wird der PA nach distal gezogen und somit die Konsolidierung verhindert (Kasström et al. 1973; Sjöström et al. 1995).

Klinisch betrachtet gilt der *Processus anconaeus* als isoliert, wenn die Apophysenfuge in einem Alter von 4 Monaten noch nicht verknöchert ist (Hofmann 2002). Eine definitive Diagnosestellung wird erst ab einem Alter von 5 Monaten angeraten, da die Vereinigung des Ossifikationszentrums des PA und der Ulna normalerweise zwischen der 16. und 20. Lebenswoche stattfindet (Fox et al. 1983; Boulay 1998; Cook 2001). Wenn der *Processus anconaeus* danach noch nicht verknöchert ist, ist eine spontane Verknöcherung unwahrscheinlich (Sjöström 1998).

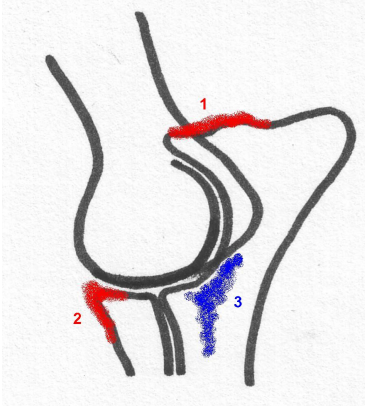
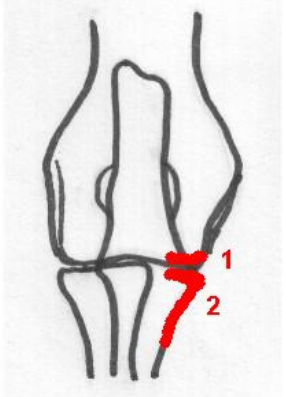
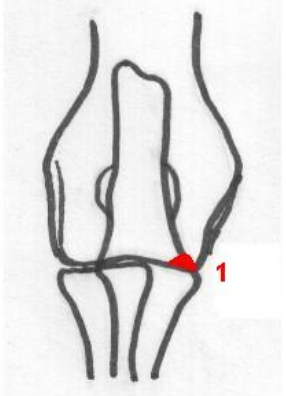
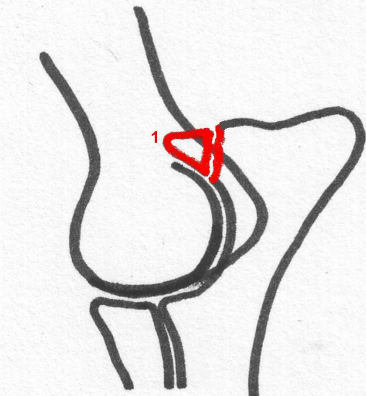
	<p>1 osteophytäre Auflagerungen an der dorsalen Begrenzung des <i>Processus anconaeus</i></p> <p>2 osteophytäre Auflagerungen proximal am Radiuskopf</p> <p>3 Sklerose im kaudodistalen Bereich der <i>Incisura trochlearis ulnae</i> bzw. im Bereich des <i>Processus coronoideus medialis</i></p>
	<p>1 Bereich des Auftretens von kissing lesions bei Vorhandensein eines veränderten, fragmentierten <i>Processus coronoideus medialis ulnae</i> (2)</p>
	<p>1 Lokalisation der OCD an der <i>Trochlea humeri</i></p>
	<p>1 isolierter <i>Processus anconaeus</i></p>

Abb. 2: Lokalisation typischer Veränderungen des Ellbogengelenkes.

Wie für den gesamten ED-Komplex typisch sind auch hier vor allem großwüchsige Hunderassen und Rüden häufiger betroffen als Hündinnen. Die Erkrankung tritt in 20% – 35% der Fälle bilateral auf. Als besonders prädisponiert gilt der Deutsche Schäferhund (Wind 1986a; Roy et al. 1994; Sjöström 1998; Cook 2001).

Obwohl Läsionen am Ellbogengelenk oft an mehreren Stellen gleichzeitig auftreten, wird das gleichzeitige Vorkommen eines isolierten *Processus anconaeus* mit einem fragmentierten *Processus coronoideus medialis ulnae* oder einer *Osteochondrosis dissecans* eher selten beschrieben (Sjöström 1998). Im Gegensatz zu anderen Studien berichten Meyer-Lindenberg et al. von einem häufigeren gleichzeitigen Auftreten des IPA und des FPCMU (Meyer-Lindenberg et al. 2006a).

#### 4 Inkongruenz des Ellbogengelenkes

Der Begriff „Ellbogengelenkinkongruenz“ (EI) bezeichnet zwei Formen einer fehlenden Übereinstimmung im Ellbogengelenk:

- Die **humero-ulnare** Inkongruenz, gekennzeichnet durch eine Dysplasie der *Incisura trochlearis ulnae* und
- die **radioulnare** Inkongruenz oder Stufenbildung im Ellbogengelenk, die durch asynchrones Wachstum von Elle und Speiche zustande kommt (Nap 1995; Körbel 2000).

Röntgenologische Vermessungen der Unterarmknochen mittelgroßer und großer Hunderassen zeigten, dass es durch eine Verzögerung des Knochenwachstums im Bereich der proximalen Ulna zu einer *Incisura trochlearis ulnae* mit zu geringem Radius kommen kann. Es wird vermutet, dass der proximale Ulnabereich bei diesen Hunderassen größer ausgebildet ist, um den in Relation größeren und schwereren Humerus aufzunehmen (Wind 1986b; Samoy et al. 2006).

Die Rolle der EI (Ellbogengelenkinkongruenz) als Faktor in der Pathogenese von FPCMU, IPA und OCD wird in zahlreichen Studien diskutiert (Wind 1986a; Wind 1986b; Puccio et al. 2003; Van Ryssen et al. 2004b; Kramer et al. 2006; Samoy et al. 2006; Gemmill und Clements 2007).

Eine deutliche Wachstumsverzögerung des Radius oder der Ulna resultiert meist in einer stärkeren Gliedmaßendeformation im Sinne eines Varus oder Valgus. Die diskretere Verkürzung eines Unterarmknochens verursacht geringere Veränderungen und stellt so die Inkongruenz als alleinige Lahmheitsursache in Frage. Dennoch tritt in vielen Fällen eine Inkongruenz gemeinsam mit den Grunderkrankungen IPA, FPC oder OCD auf. Bei stärker ausgeprägter radioulnarer Inkongruenz fallen häufiger Lahmheiten und/ oder freie Fragmente auf (Wind 1986a; Samoy et al. 2006).

Durch relative Verkürzungen der Unterarmknochen ändern sich die Belastungsverhältnisse im Ellbogen. Bei einer Verkürzung des Radius entsteht durch die Verschiebung des *Capitulum humeri* nach distal und leicht kranial eine vermehrte Belastung auf die *Trochlea humeri* und den *Processus coronoideus medialis ulnae*. Ein verzögertes Längenwachstum der Ulna kann bekanntermaßen zum Erkrankungsbild des isolierten *Processus anconaeus* führen, aber durch die sich ändernde Gelenksituation auch zu einer Überbelastung und einem vermehrten Kontakt der medialen Gelenkanteile. In beiden Fällen sind Knorpelschäden im Bereich des medialen *Processus coronoideus* und im zentrolateralen Anteil der *Trochlea humeri* zu erwarten (Lozier 2006).

Die Rolle der Inkongruenz als Faktor für die Entstehung eines FPC verkompliziert sich durch das gleichzeitige Auftreten eines IPA und FPC in einem Gelenk. Eine Inkongruenz im Sinne einer relativen Verkürzung des Radius wäre für die Entstehung eines FPC zu erwarten. Jedoch zeigten sich bei einer Studie auch der gegenteilige Fall und Ellbogengelenke mit fragmentiertem *Processus coronoideus medialis* ohne deutliche Inkongruenz (Meyer-Lindenberg et al. 2006a).

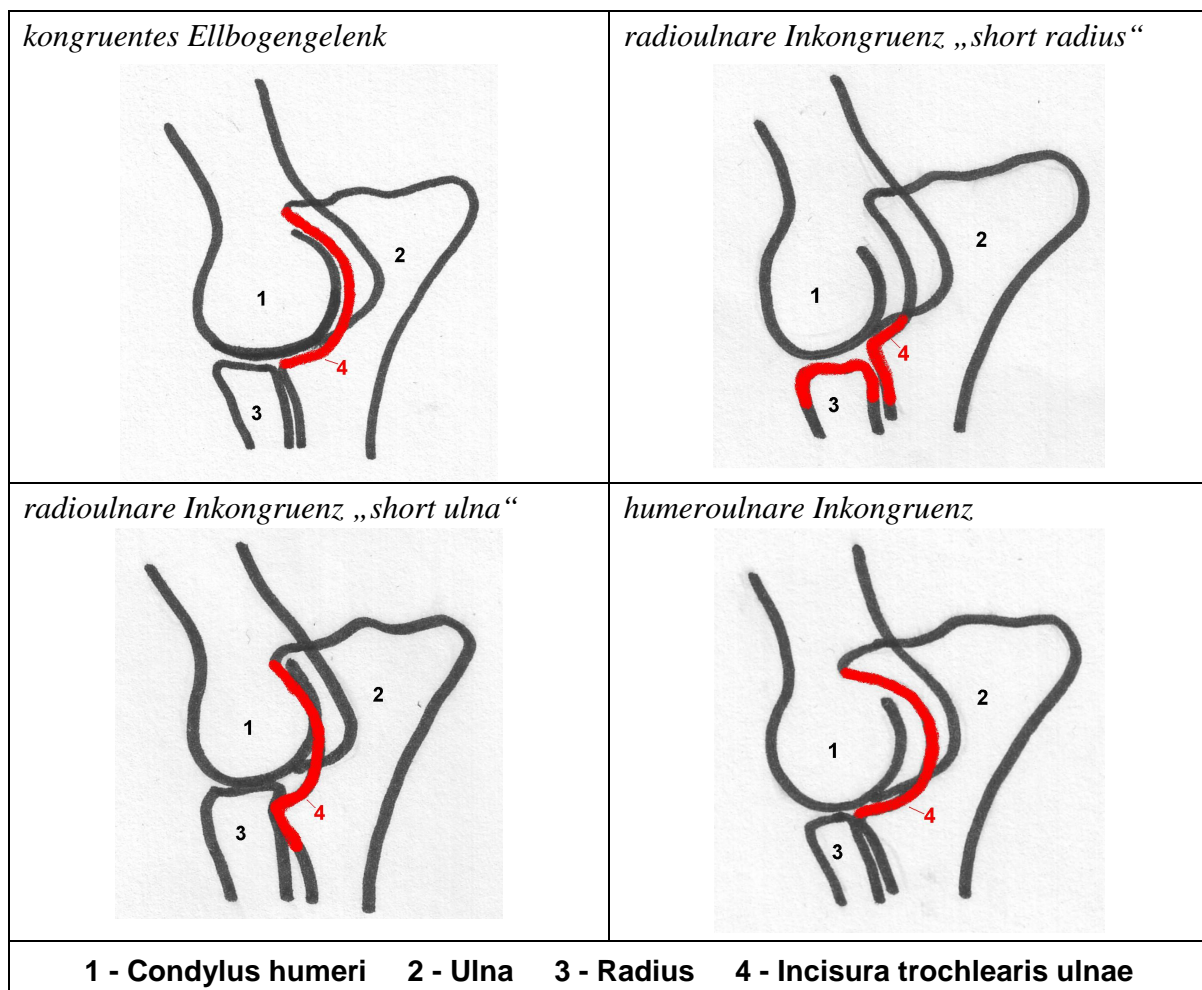


Abb. 3: Darstellung möglicher Inkongruenzen im Vergleich zum kongruenten Ellbogengelenk.



## 5 Weitere Erkrankungsformen des Ellbogengelenkes – Differentialdiagnosen

### 5.1 Osteoarthrose (*Arthropathia deformans*)

Die Entstehung einer Arthrose im Ellbogengelenk wird, von traumatischen Ursachen abgesehen, meist durch osteochondrotische Veränderungen oder Fehlentwicklungen der einzelnen gelenkbildenden Knochenanteile verursacht. Die zur ED gehörenden Erkrankungen, ektopische Sesambeine, die Subluxation des Ellbogens durch verfrühten Wachstumsfugenschluss, kalzifizierte Knochenstücke in der Gelenkkapsel und angeborene Fehlstellungen können als Primärerkrankungen zu einer Osteoarthrose führen (Tirgari 1974; Grøndalen und Braut 1976; Robins 1980; Wissler 2007).

Die Osteoarthritis kennzeichnet eine Degeneration des Gelenkknorpels, Synovitis, Osteophytenbildung und subchondrale Knochendeformation. Ausgelöst wird diese durch eine Imbalanz zwischen Synthese- und Abbauvorgängen im Gelenk (Wissler 2007). Primäre degenerative Veränderungen sind durch eine Knorpeldegeneration und Abnutzungserscheinungen im Zuge des Alterungsprozesses gekennzeichnet. Eine sekundäre degenerative Gelenkveränderung kann auf die oben genannten Ursachen, aber auch auf immunmedierte Erkrankungen oder septische Arthritiden zurückgeführt werden (Meyer-Lindenberg et al. 2006b).

### 5.2 Unvollständige Ossifikation des Humeruskondylus (IOHC)

Unter bestimmten Umständen können sich die beiden den Humeruskondylus bildenden Knochenzentren nicht zu einem soliden Kondylus vereinigen. Röntgenologisch lässt sich diese Erkrankung als Aufhellungslinie im Zentrum des Humeruskondylus im Bereich der interkondylären Wachstumsfuge darstellen. Sie wird bei verschiedenen groß- und kleinwüchsigen Hunderassen beschrieben, sehr häufig zum Beispiel bei Spaniels, aber auch bei Mischlingen, Labrador Retrievern, Deutschen Schäferhunden und Dachshunden.

Meistens sind beide Ellbogengelenke betroffen. Ein gleichzeitiges Auftreten mit anderen Veränderungen wie einem FPCMU oder einer OCD ist möglich. Differentialdiagnostisch kommt eine interkondyläre Humerusfraktur in Betracht (Meyer-Lindenberg et al. 2002a). Frakturen des Humeruskondylus sind meist eher auf größere Traumen zurückzuführen. Im Gegensatz dazu scheint es sich bei der IOHC um eine Schwachstelle im Kondylus zu handeln, bei der selbst geringe Traumen eine Vereinigung der beiden Knochenanteile verhindern. Die Ossifikation des Humeruskondylus sollte mit 12 Wochen abgeschlossen sein. Bei einer Störung verbleibt zwischen den beiden Anteilen eine fibröse Verbindung (Carrera et al. 2008).

Ein Geschlechterverhältnis in Richtung männlicher Tiere ist, ähnlich wie beim FPCMU, auch hier beschrieben (Carrera et al. 2008).

### 5.3 *Isolierter medialer Epicondylus*

Der mediale Epicondylus des Humerus besitzt ein eigenes Ossifikationszentrum, das mit ca. 6 Monaten zu erkennen ist. Eine Störung der Verschmelzung mit dem Humeruskondylus bedingt ein röntgenologisch sichtbares freies Fragment, das kaudodistal des *Epicondylus medialis* lokalisiert ist. Es tritt vor allem beim Deutschen Schäferhund und bei Rassen, die für andere Formen der ED prädisponiert sind, gehäuft auf und äußert sich durch Lahmheiten und Weichteilschwellungen. Als Therapie bietet sich die Entfernung des *Corpus librum* an (Fox et al. 1983; Gibbs 2001).

### 5.4 *Luxatio antebrachii*

Neben einer traumatisch bedingten Verrenkung des Ellbogengelenkes können die folgenden drei kongenitalen Formen im Wesentlichen zum Ellbogengelenkdysplasie-Komplex gezählt werden (Campbell 1969; Cook 2001):

- die humeroradiale Luxation
- die humeroulnare Luxation
- Kombination aus beiden Luxationen

Klinisch betrachtet ist eine angeborene Luxation des Radius den anderen Erkrankungen der ED sehr ähnlich (Pobisch et al. 1972). Daher zählen einige Autoren die angeborene Luxation zum Ellbogengelenkdysplasie-Komplex (Morgan und Griffiths 1981).

Die *Luxatio antebrachii* tritt meistens bilateral auf. Die betroffenen Hunde zeigen manchmal keine Lahmheit, andere zeigen dafür eine hochgradige Lahmheit mit vollständiger Gliedmaßenschonung (Cook 2001).

Die kongenitale *Luxatio antebrachii* tritt häufig bei kleineren Rassen auf, zum Beispiel beim Pekinesen, Boston Terrier, kleinen Pudel, Boxer, Chihuahua, Rehpinscher, Dackel und Yorkshire Terrier. Sie wird aber auch bei größeren Rassen beschrieben, zum Beispiel bei Bulldoggen, Bassetts, Akitas, Shetland Sheepdogs, Deutschen Schäferhunden und Mischlingen (Cook 2001; Peirone et al. 2004).

Ein Epiphysenfugentrauma kann die normale Entwicklung stören. Kommt es zu einem vorzeitigen Schluss der Wachstumsfuge, wird das Längenwachstum des Knochens gehemmt. Am häufigsten ist die distale Ulnaepiphyse betroffen, woraus oft ein Valgus resultiert.

Der vorzeitige Schluss der distalen und/ oder proximalen Radiusfuge führt zum Short-Radius-Syndrom.

Es kann auch ein partieller Schluss des medialen oder lateralen Anteils der proximalen Radiusfuge auftreten. Dies gilt eher als kongenital und nicht als traumatisch bedingt (Morgan und Griffiths 1981).

Die kongenitale *Luxatio antebrachii* tritt auch als Folge einer Hypoplasie des medialen Kollateralbandes und des *Ligamentum anulare* auf, wobei die laterale Luxation am häufigsten vorkommt (Montavon und Savoldelli 1995).

### 5.5 Differentialdiagnosen

Unterschiedliche Erkrankungen sind dem klinischen Bild der ED sehr ähnlich und können Lahmheiten in der Schultergliedmaße auslösen. Mögliche Differentialdiagnosen stellen sich wie folgt dar: Panostitis, Infektionen, Arthritiden, Luxationen, Frakturen, Dysplasieformen wie die *Patella cubiti*, dystrophische Verkalkungen in der Beugesehne, die hypertrophe Osteodystrophie oder selten auch Tumore (Campbell 1969; Walde und Tellhelm 1991; Körbel 2000; Cook 2001; Meyer-Lindenberg et al. 2004).

## 6 Klinische Manifestation und Diagnose der Ellbogengelenkdysplasie

### 6.1 Allgemeines

Die Wichtigkeit einer frühen Diagnosestellung der ED ist im Gegensatz zur Ätiologie der Erkrankung unumstritten. Als erstes klinisches Warnsignal beschreibt Olsson eine steife leicht stelzenhafte Führung der Schultergliedmaßen nach einer Ruhephase. Lahmheiten nach der Bewegung und Schmerzreaktionen bei der Manipulation des Ellbogengelenkes treten erst später auf (Olsson 1983).

Da die ED eine Erkrankung des sich entwickelnden Ellbogens in der Wachstumsphase ist, können erste klinische Symptome bereits im Alter von 4 – 8 Monaten beobachtet werden (Guthrie 1989; Nap 1995; Cook 2001).

Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Vorstellung in einer Tierarztpraxis liegt zwischen 4 und 12 Monaten (Hanlon 1969; Winhart 1991; Körbel 2000). Spätere Konsultationen im Alter von 2 – 3 Jahren sind ebenfalls keine Seltenheit (Bardet 2002).

Häufig wird der Besitzer erst durch die einseitige Verschlechterung der Lahmheit nach einem leichten Trauma aufmerksam und sucht einen Tierarzt auf. Zu diesem Zeitpunkt sind die Hunde meist schon 10 – 14 Monate alt und zeigen eine zum Teil deutlich fortgeschrittene Osteoarthritis (Walde und Tellhelm 1991).

Undiagnostizierte Fälle degenerativer Gelenkveränderungen treten am häufigsten bei Hunden mit beidseits betroffenen geringgradig oder mild erkrankten Ellbogengelenken auf (Nap 1995).

Klinisch ist keine eindeutige Unterscheidung von FPCMU, IPA und OCD der *Trochlea humeri* möglich (Walde und Tellhelm 1991). Erschwerend kommt bei geringgradigen Lahmheiten hinzu, dass die Hunde zuhause lahm gehen, in der Klinik oder Praxis jedoch nicht mehr. Der Grund hierfür kann in der Aufregung liegen, die durch die fremde Umgebung oder Personen und einem damit verbundenen Anstieg des Adrenalinpiegels resultieren (Braden et al. 1994).

Zu den Symptomen zählen ein steifer Gang sowie eine nach Ruhe und längerer Belastung deutlich stärkere Lahmheit. Der Ellbogen wird häufig nahe an den Körper herangezogen während die Pfote nach außen rotiert. Druck auf das mediale Seitenband und den medialen *Processus coronoideus* sowie eine Flexion oder Extension des Ellbogengelenkes lösen Schmerzreaktionen aus. Ebenfalls unangenehm oder schmerzhaft ist die Außenrotation der Pfote bei gebeugtem Karpalgelenk. Teilweise ist eine Krepitation hör- oder fühlbar und eine Gelenkfüllung bzw. Verdickung der Gelenkkapsel zu palpieren (Alexander et al. 1981; Boulay 1998; Schleich 1998).

Die betroffenen Hunde zeigen auch Einschränkungen im Bewegungsradius des Ellbogengelenkes (Read et al. 1990). In schweren Fällen einer degenerativen Gelenkerkrankung (DJD) kann der Bewegungsradius auf 30 – 40° reduziert sein (Bardet 2002).

Am ehesten kann ein IPA klinisch von den übrigen Erkrankungen der ED abgegrenzt werden. Die Tiere gehen ebenfalls nach stärkerer Beanspruchung oder geringen Traumen lahm. Besonders bei einem unentdeckten IPA kann eine Formveränderung, die die Bewegung mechanisch behindert, in einem nicht vollständig durchgestreckten Ellbogen resultieren (Pobisch et al. 1972).

Bei älteren Hunden mit akuter Lahmheit oder ohne Lahmheitsvorgeschichte kann eine direkte traumatische Ursache zugrunde liegen. Ebenfalls ist es möglich, dass sich ein isolierter *Processus anconaeus* gelöst hat, der vorher durch fibröses Bindegewebe oder Faserknorpel stabil mit der Ulna verbunden war (Sjöström 1998).

Beim Vorführen der Schultergliedmaße kann man eine leichte Abduktion erkennen, die eine extreme Beugung und Streckung des Ellbogengelenkes verhindern soll. Im Stehen wird die Pfote nach außen gedreht und die Zehen werden mehr als gewöhnlich gespreizt. Obwohl oft eine beidseitige Erkrankung vorliegt, ist die Bewegungsstörung meist auf einer Seite deutlicher. Die Palpation ist schmerzhaft, eventuell kann eine vermehrte Füllung des kaudolateralen Recessus und eine Krepitation getastet werden. Die Füllung des Gelenkes verschwindet meist bei zunehmender Dauer der Erkrankung wieder. Am lateralen Epikondylus sind oft Randwülste palpierbar. Eine mit der Zeit deutlicher werdende Krepitation und eine Atrophie des *M. triceps brachii* sind möglich (Punzet 1973; Sjöström 1998; Bardet 2002).

Für die Diagnose einer ED ist es wichtig, arthrotische Anzeichen und minimale Veränderungen in der Gelenkkontur feststellen zu können. Hierfür eignen sich bildgebende Verfahren wie das Röntgen und die Computertomographie.

## 6.2 Röntgen

Röntgenologisch können folgende Veränderungen am Ellbogengelenk festgestellt werden (Robins 1980; Alexander et al. 1981; Henry 1984; Berry 1992; Hornof et al. 2000; Flückiger 2007):

- Konturveränderung, Konturverlust des *Processus coronoideus medialis ulnae*
- Osteophyten, Auflagerungen, besonders im Bereich des PCMU und des *Processus anconaeus*
- Sklerosierung im kaudodistalen Bereich der *Incisura trochlearis ulnae* und des *Processus coronoideus lateralis oder medialis*
- Stufenbildung, Inkongruenz, Asymmetrie des Gelenkspaltes
- mineralisierte Gelenkkörper, Corpora libera
- Weichteilschwellung als Hinweis einer vermehrten Gelenkfüllung

Das Auffinden einer einzelnen Veränderung deutet auf eine Dysplasie hin, aber erst das gleichzeitige Auftreten mehrerer Veränderungen lässt mit ziemlicher Sicherheit eine ED diagnostizieren (Hornof et al. 2000).

Röntgenologische Veränderungen liegen meist ab einem Alter von 6 – 8 Monaten vor, teilweise aber auch schon früher (Olsson 1983; Read et al. 1990). Es gibt aber auch Hunde, die im Alter von 1 Jahr hochgradige Lahmheiten ohne deutliche radiologische Veränderungen zeigen (Read et al. 1990). Da die Entwicklung einer Arthrose eine gewisse Zeit benötigt, stimmen die klinischen Symptome nicht immer mit den röntgenologischen Befunden überein. Dies muss vor allem bei jungen Hunden bedacht werden, um erste Anzeichen einer Erkrankung nicht zu übersehen (Fodor et al. 1991; Read et al. 1996; Zorko 2001).

Kann keine radiologische Diagnose gestellt werden, ist eine röntgenologische Kontrolluntersuchung ratsam (Olsson 1983). Zudem sind Aufnahmen der Schultergelenke und der klinisch eventuell nicht betroffenen zweiten Schultergliedmaße sinnvoll, da eine Lokalisation des Schmerzes oft nicht eindeutig ist und Veränderungen am Ellbogengelenk oft bilateral auftreten (Olsson 1983). Zur Ermittlung der Grunderkrankung müssen die einzelnen Anteile des Gelenkes detailliert betrachtet werden (Berry 1992).

Aufnahmen des Ellbogengelenkes werden routinemäßig in mediolateralem und kraniokaudalem Strahlengang angefertigt. Spezielle Lagerungstechniken können, wie in Tabelle 3 dargestellt, bei einer genauen Beurteilung hilfreich sein (Berry 1992). Ein Großteil der benötigten Informationen ergibt sich allerdings meist schon aus der mediolateralen Darstellung des Ellbogengelenkes (Hazewinkel et al. 1996).

Standardprojektionen	dargestellte Strukturen	Vorteile	Nachteile
<b>mediolateral gestreckt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Gelenkspalt</li> <li>*Processus anconaeus</li> <li>*Tuber olecrani</li> <li>*Begrenzung der Humerus epikondylen</li> <li>*Incisura trochlearis der Ulna</li> <li>*lateraler/ medialer Processus coronoideus ulnae</li> <li>*Radiuskopf</li> <li>*Humeruskondylus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Beurteilung der Kongruenz (Gelenkspalt ≈symmetrischer Halbkreis) und des Grades einer Subluxationsstellung</li> <li>*frühe Veränderungen erkennbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*teilweise Überlagerung des Processus anconaeus</li> </ul>
<b>mediolateral gebeugt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Processus anconaeus</li> <li>*Olekranon</li> <li>*medialer Humerus epikondylus</li> <li>*mediales Coronoid</li> <li>*Radiuskopf</li> <li>*Humeruskondylus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*überlagerungsfreie Darstellung des Processus anconaeus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Inkongruenz oder Subluxation vortäuschbar</li> <li>*Condylus humeri kann schräg getroffen werden</li> </ul>
<b>kraniokaudal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Gelenkspalt</li> <li>*Processus anconaeus</li> <li>*Foramen supratrochleare</li> <li>*Tuber olecrani</li> <li>*Trochlea humeri</li> <li>*Humerus epikondylen</li> <li>*mediales Coronoid</li> <li>*Radiuskopf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*OCD-Läsionen/ Kontaktläsionen an Trochlea humeri darstellbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*arthrotische Veränderungen zu spät erkennbar</li> <li>*Radiuskopf im medialen Bereich durch Ulna überlagert</li> </ul>

Tab. 2: Lagerungstechniken zur Darstellung des Ellbogengelenkes.  
 (Berzon und Quick 1980; Robins 1980; Targari 1980; Selcer 1983; Voorhout und Hazewinkel 1987a; Walde und Tellhelm 1991; Carpenter et al. 1993; Kippenes und Johnston 1998; Schleich 1998; Schleich 1999; Wosar et al. 1999; Hornof et al. 2000; Fehr et al. 2006)

spezielle Lagerungstechniken	Vorteile
<b>kraniolateral – kaudomedial schräg:</b>  Gliedmaße wird 45 – 50° nach medial rotiert (Pronation)	*Processus coronoideus medialis ulnae, Gelenkfläche des Condylus humeri und kaudolateraler Gelenkbereich gut beurteilbar *OCD/ Kontaktläsionen gut darstellbar
<b>kraniomedial – kaudolateral schräg:</b>  Gliedmaße wird 45 – 50° nach lateral rotiert (Supination)	*Radiuskopf, Capitulum humeri und kaudomedialer Gelenkbereich gut beurteilbar *evtl. vorhandenes Sesambein im Lig. anulare radii, Lig. collaterale cubiti laterale oder unter dem M.supinator erkennbar

Tab. 3: Spezielle Lagerungstechniken.

Die INTERNATIONAL ELBOW WORKING GROUP (IEWG) empfiehlt die Röntgenaufnahmen folgendermaßen durchzuführen:

**1. Standardaufnahme:**

gebeugt mediolateral, Öffnungswinkel höchstens 45°, aber auch keine maximale Beugung

**2. zweite Aufnahme:**

gestreckt kraniokaudal, Gliedmaße in 15° Pronation

Für Untersuchungen zur Ellbogengelenkdysplasie ist es wichtig, dass alle Bilder in gleicher Weise von derselben Person beurteilt werden, um eine Konsistenz in den Ergebnissen und der Einteilung zu erzielen und einen Vergleich der Fälle zu ermöglichen (Guthrie 1989).

Eine Einteilung der Ellbogengelenkdysplasie in verschiedene Schweregrade kann anhand der arthrotischen Veränderungen vorgenommen werden. Hierzu gibt es unterschiedliche Protokolle.

Im Folgenden wird die Einteilung anhand der Richtlinien der INTERNATIONAL ELBOW WORKING GROUP dargestellt, wie sie auch für die vorliegende Arbeit verwendet wurde (Lang et al. 1995; Lang et al. 1998; Flückiger 2007; Hazewinkel 2007):

**Grad 0:**

Normal, keine Anzeichen für eine Arthrose oder erhöhte Strahlendichte des Knochens im Bereich der Ulna, kaudal zur *Incisura trochlearis* und/ oder des Radiuskopfes.

**Grad 1:**

Geringgradige Arthrose: Einer oder mehrere der folgenden Punkte treffen zu:

- a) Osteophyten dorsale Begrenzung *Proc. anconaeus* <2 mm
- b) geringgradige Osteophyten (<2 mm in jede Richtung) dorsal im proximalen Bereich des Radius
- c) oder des *Proc. coronoideus*
- d) oder palmar im lateralen Anteil der *Trochlea humeri*
- e) deutliche Sklerose kaudal des distalen Endes der *Incisura trochlearis* und im proximalen Radiusanteil.

**Grad 2:**

Mittelgradige Arthrose: Einer oder mehrere der folgenden Punkte treffen zu:

- a) Osteophyten dorsale Begrenzung *Proc. anconaeus* 2 – 5 mm
- b) mittelgradige Osteophyten (2 – 5 mm in jede Richtung) in den Bereichen b, c, d wie unter Grad 1 beschrieben.

**Grad 3:**

Hochgradige Arthrose: Einer oder mehrere der folgenden Punkte treffen zu:

- a) Osteophyten dorsale Begrenzung *Proc. anconaeus* >5 mm
- b) hochgradige Osteophyten (>5 mm in jede Richtung) in den Bereichen b, c, d wie unter Grad 1 beschrieben.

Tab. 4: ED-Score gemäß Richtlinien der IEWG.

Eine Erweiterung der Einteilung wird durch einen ED-Score erzielt, der auch Primärläsionen berücksichtigt. Tiere mit einer Primärerkrankung werden danach automatisch in Grad 3 eingestuft (Loeffler 1997; Lang et al. 1998; Tellhelm 2006).

Bei einem offiziellen ED-Röntgen eines Hundes entscheidet ein Gutachter in Absprache mit dem Rassezuchtverein über weitere Aufnahmen. Da das Arthrose-Einteilungs-System für erwachsene Hunde gestaltet ist, sollte ein Mindestalter für die ED-Untersuchung von 12 Monaten eingehalten werden (Loeffler 1997; Lang et al. 1998; Flückiger 2007).



### 6.2.1 Konturveränderung/ Osteophyten/ Sklerose

Beim fragmentierten PCMU ist man häufig auf die indirekte Diagnose mittels sekundärer Veränderungen angewiesen. Ein normal ausgebildeter medialer Kronenfortsatz lässt sich auf einer mediolateralen Aufnahme am Kranialrand der Ulna deutlich abgrenzen. Als erstes und sensitives Anzeichen osteoarthrotischer Veränderungen werden meistens osteophytäre Auflagerungen am Dorsalrand des *Processus anconaeus* sichtbar (Robins 1980; Berry 1992; Hornof et al. 2000).

Die direkte Darstellung eines Fragmentes des *Processus coronoideus medialis ulnae* wäre zwar beweisend für das Vorliegen einer Ellbogengelenkdysplasie, diese ist aber in vielen Fällen nicht oder nur durch spezielle Lagerungstechniken möglich (Berzon und Quick 1980; Olsson 1983; Berry 1992; Carpenter et al. 1993; Snaps et al. 1997; Lang et al. 1998).

Die Bedeutung einer Sklerosierung im Bereich der *Incisura trochlearis ulnae* zeigt sich auch in einer Studie von Burton et al. an Labrador Retrievern. Die ansonsten subjektive Beurteilung der Knochenstruktur wurde durch eine quantitative digitale Analyse der Sklerosezone ersetzt. Es konnte eine deutlich erhöhte Röntgendichte bei den Ellbogen erkannt werden, die an einem FPCMU erkrankt waren. Dies bestätigte die Bedeutung der Sklerose als Indikator für eine vorliegende Ellbogengelenkdysplasie (Burton et al. 2007).

Bei einem unklaren röntgenologischen Befund bezüglich eines FPCMU, der häufig nur durch arthrotische Veränderungen verdächtig erscheint, benötigt man weitergehende diagnostische Verfahren wie die Computertomographie oder die diagnostische Arthrotomie (Henry 1984; Boulay 1998; Wosar et al. 1999).

In Gelenken mit einem IPA ist die Diagnose FPCMU schwerer zu stellen, da beide Erkrankungen osteoarthrotische Veränderungen hervorrufen. Daher ist es wichtig vor einer Operation abzuklären, ob zusätzlich zum IPA ein FPCMU vorliegt, da unter Umständen zwei verschiedene operative Zugänge nötig sind. Wird eine der beiden Erkrankungen übersehen, kann dies die Ursache für eine fortbestehende Lahmheit sein (Carpenter et al. 1993).

### 6.2.2 Stufenbildung/ Inkongruenz/ Asymmetrie des Gelenkspaltes

Röntgenologisch lässt sich eine Inkongruenz an unterschiedlichen Stellen im Ellbogen differenzieren. Es kann eine Stufe zwischen Radius und Ulna, eine elliptische Form der *Incisura trochlearis ulnae*, ein erweiterter Gelenkspalt sowie eine Verlagerung des Humerus oder Radius vorliegen (Boulay 1998; Samoy et al. 2006).

Die Formveränderung der *Incisura trochlearis ulnae* kann zu einer sichtbaren Stufe zwischen dem lateralen Kronenfortsatz der Ulna und dem proximalen Teil des Radius führen. Der Gelenkspalt kann im humeroulnaren oder humeroradialen Anteil erweitert sein (Boulay 1998).

Stark gebeugte laterale Aufnahmen könnten eine Inkongruenz oder Subluxation vortäuschen. Es besteht außerdem die Gefahr, dass der *Condylus humeri* schräg zu liegen kommt. Eine „entspannte“ physiologische Winkelung gibt mehr Auskunft über die Kongruenz (Hornof et al. 2000).

Im Frühstadium der Erkrankung sind dezente Veränderungen am besten auf einer entspannten lateralen und gebeugten Aufnahme sichtbar. Bei kraniokaudaler Lagerung können Veränderungen solange versteckt bleiben bis sie deutlich fortgeschritten sind (Olsson 1983; Keller et al. 1997; Boulay 1998).

Ob die Kongruenz des Ellbogengelenkes tatsächlich durch die Lagerung beeinflussbar ist, wurde in einer Studie untersucht. Hierbei wurden Röntgenbilder euthanasierter Hunde mit Präparaten der Ellbogengelenke verglichen. Ein normal kongruentes Gelenk konnte bei leicht schräger Lagerung weder in Supination noch in Pronation „inkongruent gemacht“ werden. Hierbei wurde eine leichte Gelenkspalterweiterung zentral in der *Incisura trochlearis ulnae* nicht als Inkongruenz gewertet (Wind 1986a).

Es wurde deutlich gemacht, dass für die Beurteilung eines Röntgenbildes auch die klinischen Gegebenheiten von Bedeutung sind, wie etwa das gehäufte Auftreten einer Inkongruenz bei prädisponierten Rassen. Für die Beurteilung der Kongruenz sollte aber auch laut WIND eine zu starke Beugung wie sie für Aufnahmen des IPA verwendet wird, vermieden werden. Ohne weitere pathologische Anzeichen sollte ein Gelenk nicht sofort als erkrankt angesehen werden (Wind 1986a; Wind 1986b).

Neuere Studien zeigen ebenfalls, dass eine zu starke Beugung oder Streckung des Gelenkes oder auch das Abweichen des Zentralstrahles vom Zentrum des Ellbogengelenkes vermieden werden sollte, da sich dadurch die Aussagekraft des Röntgenbildes über die Kongruenz des Gelenkes vermindert und auch kongruente Gelenke als inkongruent angesehen werden (Mason et al. 2002).

### 6.2.3 Speziell erkennbare Erkrankungen: IPA, OCD, IOHC

Radiologisch lassen sich der isolierte *Processus anconaeus* und die Osteochondrose der *Trochlea humeri* relativ eindeutig darstellen (Robins 1980; Kippenes und Johnston 1998; Hornof et al. 2000).

#### **IPA:**

Der IPA und periartikuläre Osteophyten im Bereich des PA sind bei einer gebeugten bis stark gebeugten lateralen Aufnahme sichtbar, da hier eine überlagerungsfreie Darstellung möglich ist (Scartazzini 1969; Robins 1980; Keller et al. 1997).

Röntgenologisch kann der separate Ossifikationskern des *Processus anconaeus* mit einem Alter von 71 – 125 Tagen sichtbar sein (Loeffler 1963; Corley und Carlson 1965; Pobisch et al. 1972; Fehr et al. 2006). Um den 124. Tag  $\pm$  17 sollte die Vereinigung mit der Ulna erfolgen. Bei großen Hunderassen verläuft die Verknöcherung meistens langsamer als bei kleineren.

Weitere altersbedingte Befunde wie der Epiphysenknorpel des *Epicondylus medialis* und der proximalen Ulnaepiphyse sind bis zu einem Alter von 9 Monaten röntgenologisch nachweisbar. Ein Ausbleiben der Ossifikation über diesen Zeitpunkt hinaus kann als krankhaft beurteilt werden (Pobisch et al. 1972).

#### **OCD:**

Die Osteochondrose zeigt sich als halbkreisförmige Aufhellung des subchondralen Knochens im Bereich des gewichtstragenden Gelenkanteiles an der *Trochlea humeri* (Robins 1980; Kippenes und Johnston 1998; Hornof et al. 2000). Es kann auch eine subchondrale Sklerose um den Defekt und die Mineralisierung eines normalerweise strahlendurchlässigen Gelenkknorpelstückes vorkommen. Bei längerdauernder Erkrankung ist die Loslösung osteochondraler Anteile möglich, die sich, sofern sie nicht resorbiert werden, als knöcherne Fragmente – *Corpora libera* – im Gelenk darstellen.

Davon abzugrenzen sind die sogenannten „kissing lesions“. Es handelt sich hierbei um erosive Veränderungen am subchondralen Knochen der *Trochlea humeri* mit ähnlichem Erscheinungsbild wie bei der OCD, die aber durch das Vorhandensein eines fragmentierten *Processus coronoideus* und dessen Einwirkung auf die gegenüberliegende Gelenkfläche bedingt sind. Das gleichzeitige Auftreten einer OCD und eines FPCMU in einem Gelenk ist ebenfalls möglich (Robins 1980).

#### **IOHC:**

Die Darstellung einer IOHC als feine interkondyläre Aufhellungslinie ist röntgenologisch auf einer kraniokaudalen Aufnahme möglich. Genauer beurteilt werden kann sie mittels einer computertomographischen Untersuchung (Rovesti et al. 2002; Meyer-Lindenberg et al. 2002a).

#### 6.2.4 Mineralisierte Gelenkkörper/ *Corpora libera*

Als physiologisch sind die kranial lateral am Radiuskopf häufig erkennbaren Sesambeine des Ellbogengelenkes anzusehen. Sie sind in der Ursprungssehne des *M. supinator* bzw. unter diesem im *Ligamentum anulare radii* lokalisiert und im kraniokaudalen Strahlengang erkennbar. Sind die Sesambeine im Röntgenbild nicht darstellbar, lassen sich ebenfalls an der typischen Lokalisation knorpelig angelegte Sesambeine nachweisen (Fox et al. 1983; Mahoney und Lamb 1996; Boulay 1998; Schleich 1999; Fehr et al. 2006).

Ein weiterer mineralisierter Gelenkkörper ist die *Patella cubiti*, bei der die proximale Ulnametaphyse vom restlichen Knochen getrennt bleibt. Im mediolateralen Strahlengang stellt sich der proximale Anteil der Ulna als ein großer kniescheibenartig geformter Knochen kaudal des Humeruskondylus dar. Diese Veränderung scheint kongenital bedingt und tritt oft beidseitig auf (Mahoney und Lamb 1996).

Röntgenologisch als Verknöcherungen im Weichteilgewebe des Ellbogengelenkes können auch Metaplasien in den am medialen Epikondylus entspringenden Beugeschnen festgestellt werden. Die Verkalkungsherde können einseitig oder beidseitig auftreten und befinden sich entweder in der Gelenkkapsel oder in den Sehnen der Flexorenmuskulatur, genauer bezeichnet als *M. flexor digitalis profundus*, *M. flexor digitalis superficialis*, *M. flexor carpi ulnaris*, *M. flexor carpi radialis* und *M. pronator teres* (Meyer-Lindenberg et al. 2004). Es kann auch die laterale Extensorenmuskulatur betroffen sein oder eine idiopathische *Calcinosis circumscripta* vorliegen (Fehr et al. 2006).

Eine seltene röntgenologisch ähnliche Veränderung ist der unvereinigte mediale Humerusepikondylus, der sich als Fragment medial des Ellbogengelenkes darstellt, aber keine Gelenkflächenbeteiligung hat. Dieser darf nicht mit einem Fragment des *Processus coronoideus medialis ulnae* verwechselt werden (Kippenes und Johnston 1998; Houlton 2004).

## 7 Computertomographie

Die Computertomographie (CT) müsste eigentlich Röntgen-Computertomographie heißen. Wie der Name sagt, handelt es sich um eine computergestützte Röntgenuntersuchung. Tomographie bedeutet Darstellung in Schichten oder Scheiben, in diesem Fall Schichten des Körpers oder eines Körperabschnittes.

Sie ist eine diagnostische Methode, mit der Veränderungen im Körper sichtbar gemacht werden können. Wie bei normalen Röntgenuntersuchungen macht man sich dabei die unterschiedliche Durchlässigkeit verschiedener Körpergewebe für Röntgenstrahlen zunutze. Je dichter ein Gewebe ist, desto schlechter lässt es die Strahlen hindurch.

So kann man zum Beispiel Knochen, Luft (in der Lunge), Wasseransammlungen im Körper und Weichteilgewebe dadurch unterscheiden, dass sie in unterschiedlichen Grautönen erscheinen.

Bei einer normalen Röntgenaufnahme überlagern sich die Schatten verschiedener Gewebe, die hintereinander im Strahlengang gelegen sind und daher auf einer Stelle des Films zusammen abgebildet werden.

Die Schichttechnik, die den Körper optisch in Scheiben von nur einigen mm Dicke „zerlegen“ kann, ist bei der CT von Vorteil, da solche Überlagerungseffekte wegfallen. Die sehr geringen Dichteunterschiede in den Organen selbst oder zwischen den einzelnen Organen werden in der CT ebenfalls erkennbar. Bei normalen Röntgenuntersuchungen hingegen heben sich nur Gewebe voneinander ab, die hinsichtlich ihrer Dichte sehr verschieden sind (De Rycke et al. 2002).

Die Dichtewerte werden in Hounsfield Einheiten (HE) angegeben. Als Fixpunkte gelten für Luft -1000 HE und für Wasser 0 HE, wobei sich Luft schwarz und Wasser grau darstellt. Je nach Dichte stellen sich Weichteile ebenfalls grau und Knochen, die bis zu 3000 HE erreichen, weiß dar (Barber 1981; Hathcock und Stickle 1993). Neben den Schnittbildern in einer Ebene gibt es die Möglichkeit einer SSD (shaded surface display „3-D“), die für die Darstellung dislozierter Fragmente sehr gut geeignet ist und einer MPR (Multiplanare Reformation) als Standard für die Beurteilung von Frakturen (Rieker et al. 1998).

Folgende Veränderungen des Ellbogengelenkes lassen sich mittels CT feststellen:

- *Konturveränderungen, Osteophyten, Sklerosierungen*
- *Stufenbildungen, Inkongruenzen, Asymmetrien des Gelenkspaltes*
- *speziell erkennbare Erkrankungen: IPA, OCD, IOHC*

Die Veränderungen stellen sich wie auf Röntgenaufnahmen als Aufhellung oder Sklerose des subchondralen Knochens, Fraktur- oder Fissurlinien, Osteophyten, Weichteilschwellungen oder Weichteilverkalkungen dar (Stickle und Hathcock 1993; Reichle und Snaps 1999; Reichle et al. 2000; De Rycke et al. 2002; Gielen et al. 2004).

Durch die Auswahl geeigneter Schnittebenen lassen sich folgende Läsionen besonders gut erkennen (Reichle und Snaps 1999; Reichle et al. 2000; Tromblee et al. 2007):

- **Transversalschnitt:** Fragmente, Aufhellungslinien des Proc. coronoideus, IOHC
- **Sagittalschnitt:** Kongruenzen, Inkongruenzen, evtl. Fragment des PCMU, IPA
- **Dorsalschnitt:** OCD, subchondrale Defekte, teilweise Inkongruenzen

Veränderungen in der Knochendichte sind stark durch die Einstellungen der Fensterung beeinflussbar, wohingegen Veränderungen am *Processus coronoideus medialis* und eine Gelenkinkongruenz mehr von der Auswahl der Schnittebene abhängen (Tromblee et al. 2007).

### **7.1 Konturveränderung/ Osteophyten/ Sklerose**

Eine Computertomographie ist indiziert, wenn andere röntgenologische Techniken nicht zur Darstellung eines potentiell veränderten Knochenanteiles ausreichen, vor allem wenn dies durch Überlagerung der interessierenden Struktur verursacht wird (Berry 1992; Stickle und Hathcock 1993).

Da es sich bei Erkrankungen im Ellbogengelenk häufig um einen Balanceakt zwischen einer klaren Diagnosestellung und einer eventuell unnötigen Operation handelt, bietet die computertomographische Untersuchung den Vorteil der Bestätigung oder des Ausschlusses von Veränderungen (Braden et al. 1994).

Die Computertomographie wird als geeignete Methode beschrieben, um den *Processus coronoideus* der Ulna genau darzustellen (Stickle und Hathcock 1993; Holsworth et al. 2005). Die Magnetresonanztomographie stellt eine weitere Methode dar, mit der gute Erfolge erzielt werden können. Sie ist der Computertomographie überlegen, wenn es um die Erkennung nichtmineralisierter knorpeliger Fragmente geht (Reichle und Snaps 1999). Sie wird aber aufgrund der Enge des Gelenkes nicht eindeutig als bevorzugtes Verfahren betrachtet (Snaps et al. 1998; Schuller et al. 2002).

Carpenter et al. verglichen die Sensitivität der Computertomographie im Vergleich zur röntgenologischen Untersuchung des Ellbogengelenkes mit dem Ergebnis, dass 88,2% der intraoperativ bestätigten Fälle eines FPCMU durch die Computertomographie erkannt wurden, hingegen aber nur 23,5% durch die röntgenologische Untersuchung (Berry 1992; Carpenter et al. 1993). Die Genauigkeit der CT wird mit 86,7% gegenüber anderen Methoden beschrieben (Carpenter et al. 1993).

### **7.2 Stufenbildung/ Inkongruenz/ Asymmetrie des Gelenkspaltes**

Die Computertomographie bietet eine gute Beurteilungsmöglichkeit der Beschaffenheit des Ellbogengelenkes (Gielen et al. 2001; Mason et al. 2002). Sie ermöglicht die deutliche Darstellung einer Inkongruenz (Sjöström 1998; Gielen et al. 2004; Holsworth et al. 2005).

Für die Beurteilung der Kongruenz eignet sich besonders eine sagittale Rekonstruktion der Transversalschnitte. Eine Erweiterung des Spaltes zwischen der *Incisura trochlearis ulnae* und dem Humeruskondylus oder eine Stufenbildung zwischen den proximalen Bereichen der Unterarmknochen deutet auf eine Inkongruenz hin (Reichle und Snaps 1999).

### 7.3 Speziell erkennbare Erkrankungen: IPA, OCD, IOHC

Da sich ein IPA röntgenologisch bereits eindeutig diagnostizieren lässt, ist eine CT, die ebenfalls eine eindeutige Diagnose ermöglicht, eher unüblich (Reichle und Snaps 1999).

Eine OCD-Läsion im Bereich der Trochlea humeri lässt sich besonders deutlich durch eine dorsal gewählte Schnittebene in Form einer Aufhellungszone des subchondralen Knochens diagnostizieren (Reichle et al. 2000).

Die CT gilt auch als hervorragende Methode für die Darstellung einer IOHC. Bei einer Studie zur Darstellung der IOHC an 20 betroffenen Hunden konnte bei 25,8% zusätzlich ein veränderter *Processus coronoideus medialis ulnae* und bei 75% eine radioulnare Inkongruenz diagnostiziert werden. Die Inkongruenz wurde im Bereich des humeroulnaren Gelenkspaltes auf Höhe der Coronoidspitze und -basis festgestellt (Carrera et al. 2007).

Rovesti et al. stellten zystische Veränderungen im Humeruskondylus und der Ulna dar, wobei der Ursprung dieser Läsionen und ihre Auswirkungen auf eine eventuell vorhandene Lahmheit noch nicht eindeutig geklärt wurden (Rovesti et al. 2002).

## 8 Szintigraphie

### 8.1 Allgemeines

Die Szintigraphie ist eine Untersuchung, bei der die unterschiedliche Verteilung eines Radiopharmakons in verschiedene Körpergewebe zur bildlichen Dokumentation genutzt wird. Um eine nuklearmedizinische Untersuchung durchführen zu können, wird ein mit einem Radionuklid markiertes Arzneimittel, das Radiopharmakon, in den meisten Fällen intravenös verabreicht. Die in der Medizin für diagnostische Zwecke verwendeten Radiopharmaka haben in der Regel eine kurze Halbwertszeit.

Für die Verteilung im Körper werden physiologische Prozesse genutzt. Die Verteilung ist nicht krankheitsspezifisch, sondern organspezifisch. Für eine Untersuchung am Skelettsystem werden Radiopharmaka benutzt, die sich an die Hydroxyapatit-Strukturen im Knochen anlagern oder passiv gegen Anteile dieser Strukturen ausgetauscht werden. Hierfür eignet sich ein an Polyphosphat oder Diphosphonat gekoppeltes Tc-99m (Selcer 1983) mit einer sehr kurzen Halbwertszeit von 7 Stunden.

Die Halbwertszeit gibt die Zeitdauer an, innerhalb derer die Ausgangsaktivität auf die Hälfte ihres Wertes absinkt. Optimale Bilder werden 2 – 4 h nach der Injektion erzielt (Brawner und Daniel 1993).

Die Szintigraphie stellt eine sensitive, nichtinvasive Methode dar, um Knochenläsionen zu detektieren (Lamb 1987; Brawner und Daniel 1993; Schwarz et al. 2004). Bei einer szintigraphischen Untersuchung besteht prinzipiell die Möglichkeit Weichteile und/ oder Knochen darzustellen (Metcalf 1985). Im Folgenden wird im Bezug auf die Ellbogengelenkdysplasie hauptsächlich auf die knöchernen Strukturen eingegangen.

Als funktionsdiagnostisches Verfahren dient die Szintigraphie der Früherkennung von Gelenkveränderungen und ermöglicht es unklare Lahmheiten bestimmten Gelenken zuzuordnen (Engelke et al. 1996; Eißler 1999; Jorda und Matis 2004).

Die Szintigraphie macht Läsionen schon zu einem Zeitpunkt sichtbar, in der noch keine röntgenologisch erkennbaren Veränderungen vorhanden sind (Barber und Roberts 1983). Die Anreicherung im Knochen hängt dabei von der Mineralisation ab.

Knochenneubildungsprozesse lassen sich szintigraphisch schon innerhalb der ersten 2 – 4 Tage nachweisen, während röntgenologisch sichtbare Umbildungsprozesse erst nach 2 – 4 Wochen diagnostiziert werden können (Eißler 1999). Der reaktive Umbau am Knochen wird durch die Anreicherung des Radiopharmakons als sogenannter „hot spot“ deutlich (Barber und Roberts 1983).

„Hot spots“ zeigen eine abnorme Stelle sensitiv an, aber nicht spezifisch. Sie können durch Traumen, Neoplasien, Infektionen oder andere Stoffwechselerkrankungen verursacht werden. Bei jungen Hunden zeigen die aktiven Wachstumsfugen immer eine verstärkte Anreicherung.

Durch eine Szintigraphie ist die Lokalisation von Veränderungen möglich, im Anschluss sind aber meist weitergehende Untersuchungen nötig. Hierzu eignen sich speziell am Ellbogengelenk die Computertomographie oder Arthroskopie (O' Brien und Wortman 1973; Brawner und Daniel 1993; Engelke et al. 1996; Kippenes und Johnston 1998; Eißler 1999).

Die Strahlenbelastung des Patienten durch eine Szintigraphie wird im Vergleich zu einer Röntgenkontrastpassage als relativ gering eingeschätzt (Eißler 1999).

## **8.2 Szintigrammbeurteilung**

Grundsätzlich ist eine visuelle Auswertung des Szintigrammes möglich. Je nach System können unterschiedliche Farbskalen oder Graustufen zur Darstellung genutzt werden. Zur genaueren Definition wird die so genannte ROI-Technik (region of interest) genutzt (Eißler 1999).



Hierbei wird um den Bereich der Mehranreicherung ein Rahmen von definierter Größe und eine gleichgroße Referenzregion über die kontralaterale Gliedmaßeenseite gelegt und so die Zählratendichte (Bildpunkte in einem definierten Bereich) festgestellt. Das Anreicherungsverhältnis wird per Computer berechnet (Büll et al. 1981; Jorda und Matis 2004). Die ROI-Zählratenstatistik kann eine quantitative Auswertung liefern. Nachteilig ist, dass auf dem Szintigramm keine anatomischen Anhaltspunkte vorhanden sind und eine mögliche Hintergrundaktivität die quantitative Analyse beeinflussen kann (Schwarz et al. 2004). Bei einer beidseitigen Erkrankung erscheint die Anreicherung bzw. der Unterschied in den Gelenken eventuell unauffällig (Jorda 1999).

Jorda beschreibt die Sensitivität für die Diagnose eines FPCMU mittels Szintigraphie mit 94,1% (144 von 153 Hunden). Seine Ergebnisse wurden durch Computertomographien und/ oder Arthrotomien bestätigt (Jorda und Matis 2004). Eine Sensitivität von 97% und Spezifität von 100% wurde von Van Bruggen et al. bei der Untersuchung einer ventralen und lateralen szintigraphischen Ansicht des Ellbogengelenkes beschrieben. Das Röntgen erzielte hier eine Sensitivität von 55% und Spezifität von 92% (Van Bruggen et al. 2007).

Das Szintigramm wird zusammen mit der klinischen Verdachtsdiagnose und geeigneten Röntgenaufnahmen verdächtiger Gelenke ausgewertet (Eißler 1999).

Diagnose	Szintigramm	Röntgen
<b>krank</b>	⊕	⊕
<b>gesund</b>	∅	∅
<b>fraglich</b>	⊕ ∅	⊕

Tab. 5: Beurteilung von Szintigrammen im Vergleich zur Röntgenuntersuchung.

⊕ vermehrte Anreicherung/ röntgenologisch reaktive Veränderung.

∅ keine Auffälligkeiten.

## 9 Computerisierte Ganganalyse

### 9.1 Allgemeines

Die computerisierte Ganganalyse beim Hund stellt ein nichtinvasives Verfahren zu Diagnostik- und Dokumentationszwecken von Lahmheiten dar (Off und Matis 1997a; Theyse et al. 2000; Budsberg 2002). Sie wird häufig als objektive Erfolgskontrolle im Rahmen retrospektiver Untersuchungen nach durchgeführter Behandlung eingesetzt (Off und Matis 1997a).

Für die computerisierte Ganganalyse benötigt man ein Video- und Kamerasystem, ein Laufband mit integrierten Kraftmessplatten, entsprechende Computersoftware und reflektierende Punkte als Ziele, die sogenannten Marker. Die Synchronisation der Videoaufnahmen, Kraftübertragung und kinematischen Daten erfolgt mittels Computer. Für die statistische Auswertung wird ein Schritt in die Schwungphase vor dem Auftreten der Gliedmaße, die Standphase und Schwungphase nach dem Auftreten zerlegt (De Camp et al. 1993; Hottinger et al. 1996; Mclaughlin 2001; Owen et al. 2004).

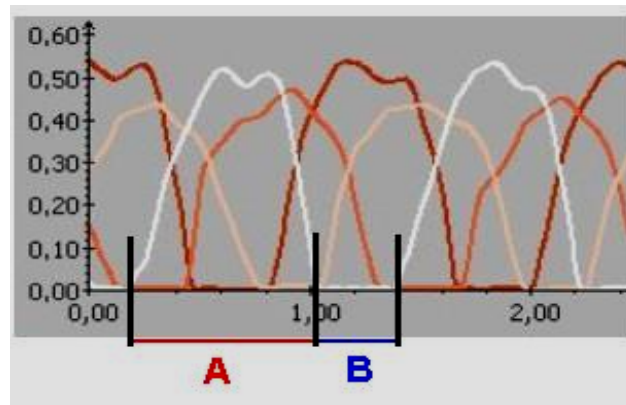


Abb. 4: Darstellung des Schrittzklus am Beispiel der linken Schultergliedmaße (weiße Kurve):

Ein Schrittzklus setzt sich aus einer **Schwungphase (A)** und einer **Standphase (B)** zusammen.

## 9.2 Begriffsbestimmung

Bewegung ist ein dynamischer Prozess, der am besten in Abhängigkeit von der Zeit beschrieben wird. Flexion und Extension von Gelenken während des Laufens sind zyklische und komplexe Geschehen. Diese können als Funktionskurven (Gelenkwinkelung/ Zeit) beschrieben werden (De Camp et al. 1993).

Die genannten Prozesse werden im Rahmen des Forschungsgebietes der Biodynamik untersucht. Diese befasst sich mit Kräften am bewegten Körper und lässt sich in zwei Teilbereiche aufgliedern: Die Kinetik und die Kinematik (Off und Matis 1997a).

Die Kinetik untersucht die Beziehung zwischen der Bewegung und den dabei entstehenden Kräften (De Camp 1997). Die Kinematik stellt hingegen die Beschreibung der Bewegung unabhängig von Gewichts- und Kraftbeeinflussungen dar. Sie wird verwendet, um Gelenkfunktionen und den Gang zu beschreiben (De Camp et al. 1993; De Camp 1997).

Aus diesen beiden Teilbereichen (Off und Matis 1997a) ergeben sich zwei Messverfahren:

- a) die **Dynamometrie** (Reaktionskraftmessung)
- b) die **Kinemetrie** (Bewegungsanalyse)

Neben der Anwendung bei Mensch und Pferd ist die Ganganalyse auch bei Hunden ein etabliertes Verfahren zur genaueren Untersuchung von Lahmheiten. Die Verwendung moderner Video- und Computersysteme vereinfacht die dreidimensionale Erkennung der Bewegungsabläufe und ermöglicht eine objektive Beurteilung, die sich durch rein visuelle Eindrücke einer Person nicht eindeutig erzielen lassen. Von besonderem Vorteil sind klinische Daten gesunder Hunde, um die Aussagekraft bestimmter Veränderungen beurteilen zu können. Zusätzlich zur reinen Charakterisierung des Gangbildes über Kraftmessplatten liefert die Videoaufzeichnung und computerisierte Auswertung wertvolle Informationen (Hottinger et al. 1996).

Die im Laufband integrierten Kraftmessplatten geben die Übertragung einer ganzen Gliedmaße wieder. Jedoch geben sie keine Informationen über die gelenkspezifischen muskuloskeletalen Funktionen. Bei der Belastung werden drei orthogonale Bodenkontaktreaktionskräfte (GRF: „ground reaction forces“) ausgelöst: Vertikale ( $F_z$ ), kraniokaudale ( $F_y$ ) und mediolaterale ( $F_x$ ) Bodenreaktionskräfte.

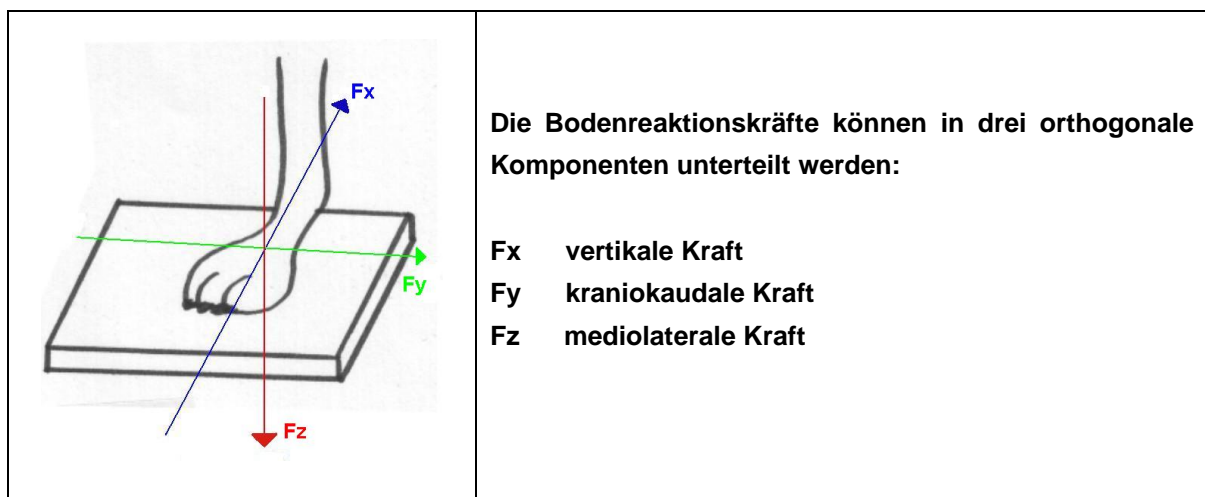


Abb. 5: Darstellung der Bodenreaktionskräfte.

Der Gangzyklus in der Schrittgangart lässt sich wie folgt beschreiben:

- es werden einmal zwei und einmal drei Gliedmaßen gleichzeitig belastet
- es gibt keine nur durch eine einzelne Gliedmaße gestützte Phase (De Camp 1997)

Die vertikalen Kräfte messen am deutlichsten die gewichtstragende Funktion, sie sind bei einer vorhandenen Lahmheit reduziert (De Camp 1997). Für die Ganganalyse beim Tier wird meistens die vertikale Kraft verwendet (Mc Laughlin 2001). Die Standphase lässt sich unterteilen in das Abbremsen, Abstoßen, Antreiben und die Beschleunigung.

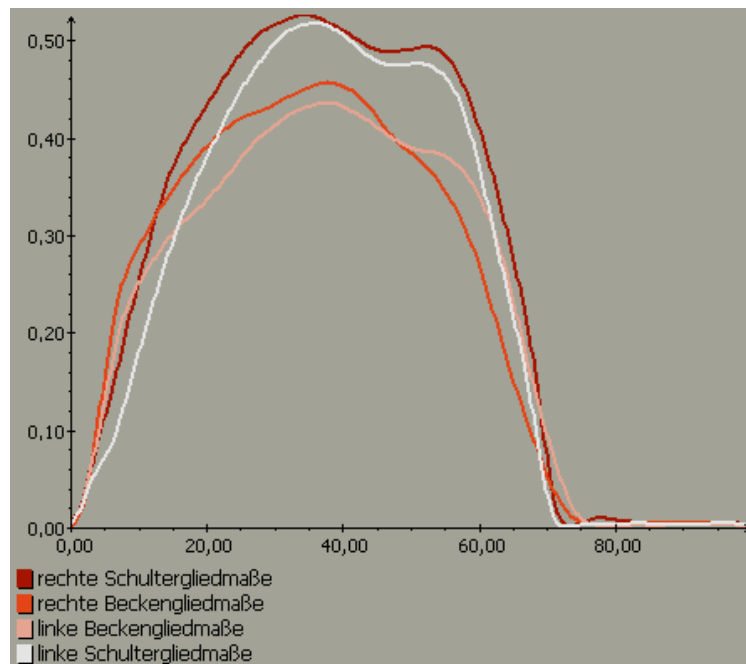


Abb. 6: Vertikale Kraftmessung (Mittelwert aus mehreren Schritten).  
x-Achse: % Schrittdauer; y-Achse: % Körpermasse.

Die Phasen des Abbremsens und Antreibens machen in der Schultergliedmaße im Schritt jeweils etwa 50% aus. Eine Lahmheit kann die Reduzierung der Amplitude der kraniokaudalen Kräfte bewirken. Aus den mediolateralen Kräften wurde noch kein wesentlicher Informationsgehalt gezogen. Die charakteristische Kurve einer Schultergliedmaße stellt sich m-förmig (2 Höhepunkte/ Peaks) oder mit nur einem Peak dar.

Sind zwei Peaks vorhanden, zeigt der erste das initiale Aufsetzen der Pfote an und der zweite die maximale vertikale Kraft in der späten Standphase, in der die Zehen abheben. Schnellere Gangarten haben kein m-förmiges Muster, weil die Standphase deutlich verkürzt ist.

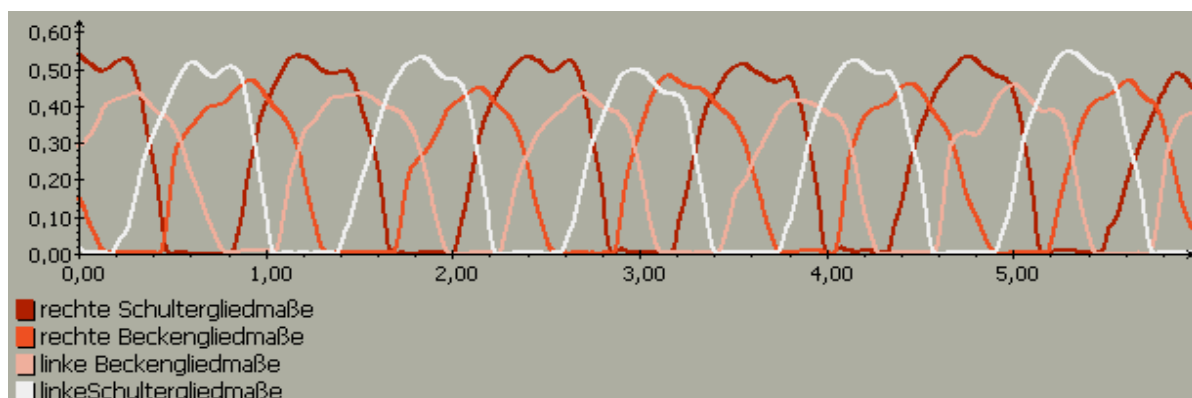


Abb. 7: Darstellung der vertikalen Kraftmessung einzelner Schritte.

Peaks der vertikalen Kräfte und Impulse korrelieren negativ mit der Größe des Hundes, d.h. größere Hunde haben eine geringere Maximalkraft auf jeder Gliedmaße prozentual zum Körpergewicht. Deshalb sollte man keine großen und kleinen Rassen miteinander vergleichen. Je stärker eine Lahmheit ist, desto größer kann die resultierende Umverteilung der Kräfte bzw. der Belastung auf andere Gliedmaßen sein.

Bestimmte Kenngrößen wie das Verhältnis der Standphase zum Gesamtschritt können statistisch berechnet werden.

Neben der Kurvenform gibt es auch weitere diskrete Variablen: Die Schrittlänge, Schrittfrequenz, maximale Geschwindigkeit und Dauer der Stand- und Schwungphase. Diese Variablen benötigen keine weitere Umformung, was einen schnelleren Zugang bzw. eine schnellere Aussage ermöglicht (De Camp 1997).

Kraftmessungen sind weder gelenk- noch tatsächlich gliedmaßenspezifisch. Da die Kinematik eine Aussage zu den Verhältnissen in den einzelnen Gelenken ermöglicht, stellt sie für praktische Zwecke einen wichtigen Bestandteil der Ganganalyse dar (De Camp 1997; De Camp 2002).

Die bei der kinematischen Untersuchung erhältlichen Diagramme in Wellenform sind computergenerierte Kurven. Die Darstellung beruht auf der Aufnahme von photoreaktiven Markern, die zuvor an entsprechenden Stellen der Gliedmaßen angebracht wurden. Bestimmte Kenngrößen wie das Verhältnis der Standphase zum Gesamtschritt können statistisch berechnet werden.

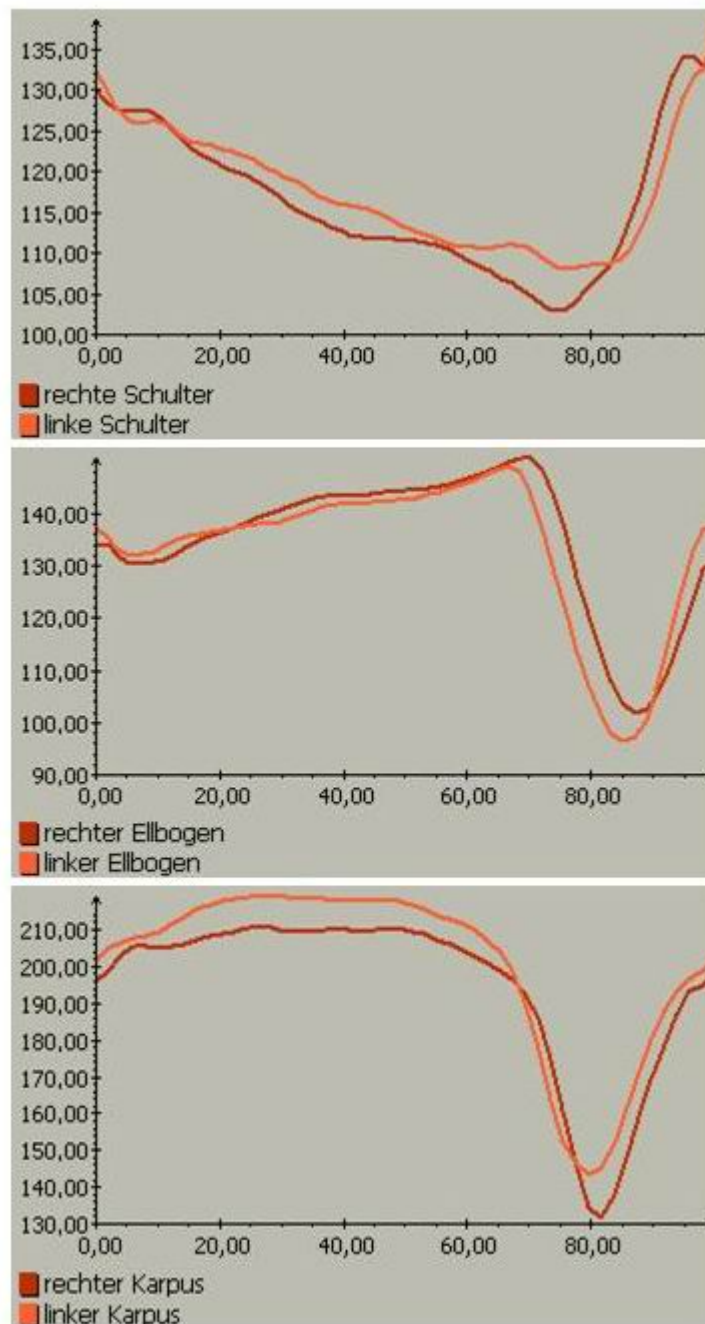


Abb. 8: Typischer Kurvenverlauf kinematischer Berechnungen der Gelenkwinkel von Schulter-, Ellbogen- und Karpalgelenken.  
x-Achse: % Schrittdauer; y-Achse: Gelenkwinkel [°].

### Dynamometrie:

Die Bodenkontaktzeit wird als Standphase bezeichnet. Die Schwungphase ist das Intervall zwischen zwei Bodenkontakten. Die vertikalen Bodenreaktionskräfte zeigen die Geschwindigkeit der Kraftübernahme (Kurvenanstieg) und der maximalen Belastung (Amplitude) der Gliedmaße während eines Schrittes an.

Der Gesamtimpuls (Integral) einer Gliedmaße errechnet sich aus der Bodenkontaktzeit, der Amplitude und dem Anstieg der Bodenreaktionskurve.

Um die unterschiedliche Größe der Hunde auszugleichen, werden die Kräfte in Relation zum Körpergewicht gesetzt und prozentual angegeben (Off und Matis 1997b).

Die Kombination aus kinematischen Daten und der Messung der Bodenreaktionskräfte ermöglicht eine genaue Analyse und Quantifizierung der Gewichtsübertragung während der Bewegung (Brüggemann 2002).

## **10      Therapeutisches Vorgehen**

### ***10.1   Beurteilung der Diagnoseverfahren im Hinblick auf das therapeutische Vorgehen***

Bevor eine Entscheidung darüber gefällt wird, ob ein operativer Eingriff erfolgen oder weitere diagnostische Kontrollmaßnahmen durchgeführt werden sollten, ist eine Einteilung in Arthrosegrade hilfreich (Voorhout und Hazewinkel 1987a).

Ist die Diagnose Ellbogengelenkdysplasie gestellt, gibt es verschiedene therapeutische Möglichkeiten. Diese können einzeln oder in Ergänzung zueinander eingesetzt werden.

Unabhängig von der Behandlungsmethode kann es zum Auftreten bzw. Fortschreiten von Arthrosen kommen (Guthrie 1989). Die Erfolgchancen durch operatives Vorgehen wurden mehrmals durch den Vergleich mit konservativen Behandlungsmethoden in Frage gestellt. Jedoch kann eine Operation vorhandene Reize aus dem Gelenk nehmen, weshalb sie meist gerechtfertigt ist und somit einer stärkeren Arthroseentwicklung vorbeugen kann (Boudrieau et al. 1983; Hazewinkel et al. 2000).

### ***10.2   Konservative Behandlung – medikamentelle Therapie unter anderem bei der Osteoarthritis***

Eine Therapie mit Medikamenten kann zwar zu einer Besserung der Lahmheit führen (Scartazzini 1969), heilt jedoch die Krankheit nicht vollständig, da sie nur die Symptome jedoch nicht die Ursache der Krankheit behandelt. Das betroffene Gelenk ist somit weiteren Reizen ausgesetzt ist. Eine Kombination von Medikamenten und operativer Therapie erscheint sinnvoll (Hazewinkel 2006; Lozier 2006).

Durch Störungen im Knorpelmetabolismus können osteoarthritische Veränderungen auftreten. An diesem Vorgang sind die Synovialmembran, Chondrozyten, Makrophagen und T-Zellen beteiligt.

Eine weitere Rolle spielen Zytokine in der extrazellulären Matrix und Prostaglandine. Freie Radikale und Zytokine diffundieren in den Knorpel und stören die Proteoglykan- und Kollagensynthese. Die wichtigsten Proteoglykane sind hierbei die Aggrekane. Diese binden an Hyaluron und sind somit für die Wasserbindungskapazität und Elastizität des Knorpels verantwortlich.

Durch die verstärkte Bildung von Matrix-Metalloproteinasen wird zudem eine katabole Stoffwechsellage geschaffen, die zu weiterem Knorpelabbau führt. Nach heutigen Erkenntnissen sind die dadurch verursachten Schäden irreparabel. Der Prozess kann nur verlangsamt werden. Es gibt Hinweise, dass bestimmte Stoffe wie Glucosamine und Chondroitinsulfat eine gewisse protektive Wirkung besitzen, allerdings stehen endgültige Beweise hierfür noch aus (Hazewinkel 2006; Wissler 2007).

Zur Schmerztherapie der Osteoarthritis eignen sich nichtsteroidale Antiphlogistika (NSAIDs). Sie wirken analgetisch, antiphlogistisch, antipyretisch und teilweise antithrombotisch (Fox 2002; Hazewinkel 2006; Wissler 2007).

Zum Gesamttherapiekonzept einer Osteoarthritis gehören die Aufklärung und Schulung des Tierbesitzers, eine Gewichtsreduktion des Patienten, Physio- und Bewegungstherapie, Diätetik bzw. Nahrungsergänzung und die Medikation eventuell in Kombination mit einer Operation zur Beseitigung der Ursache. Wichtig ist außerdem eine anschließende Verlaufskontrolle (Marcellin-Little 2004; Meyer-Lindenberg et al. 2006b; Wissler 2007).

Diätetik und Gewichtsreduktion können den Medikamentenbedarf reduzieren. Supplemente wie Omega-3-Fettsäuren, Glukosamin, Gelatine, Kollagenhydrolysate und antioxidativ wirkende Produkte können die Gelenkfunktion positiv beeinflussen (Servet et al. 2007).

Bei älteren Hunden muss man in anbetracht der Ursache, des Lahmheitsgrades, des Allgemeinbefindens und der Meinung des Besitzers abwägen, ob eine Operation noch in Frage kommt. Bei einer offensichtlich knöchernen Ursache sollte eine operative Therapie auch bei älteren Hunden durchgeführt werden.

Es ist auch möglich über eine gewisse Zeitspanne mit einer konservativen Therapie zu beginnen und deren Erfolge abzuwarten. Liefert diese keine zufriedenstellende Besserung, sollten weitergehende Untersuchungen angestrebt werden (Meyer-Lindenberg et al. 2006b).



Besonders bei älteren Hunden mit starken arthrotischen Veränderungen kommt eine konservative Therapie mit entzündungshemmenden und schmerzlindernden Medikamenten, intraartikulären Hyaluronsäureinjektionen, Bewegungseinschränkung und Gewichtsreduktion in Betracht (Gutbrod und Festl 1999).

### 10.3 Operatives Vorgehen

Die operative Entfernung freier Knochenfragmente im Ellbogengelenk kann die Lahmheit und somit die Lebensqualität verbessern. Dies gilt auch für ältere Hunde mit fortgeschrittenen arthrotischen Veränderungen (Flo 1998). Im Allgemeinen ist jedoch eine möglichst frühe operative Therapie zu bevorzugen (Tirgari 1980; Guthrie 1989).

Als Alternative zur Arthrotomie, besonders bei fortgeschrittenen Arthrosen, bietet sich die Arthroskopie an. Eine genaue Lokalisation der Veränderungen mittels CT vor der Arthroskopie kann hierbei hilfreich sein (Bardet 2002).

Folgende Läsionen sind intraoperativ darstellbar (Guthrie 1989; Read et al. 1990):

- *fragmentierter Processus coronoideus medialis ulnae*
- *OCD-Läsion an der Oberfläche der Trochlea humeri*
- *OCD ausgedehnt über den Rand der Gelenkoberfläche bis zum Epikondylus*
- *OCD in Verbindung mit einem FPCMU*
- *nur Spitze des PCMU fragmentiert*
- *axialer Anteil des PCMU fragmentiert*
- *abaxialer Anteil des PCMU fragmentiert*
- *axialer Anteil des PCMU fragmentiert und Erosion der Gelenkfläche des Humeruskondylus (kissing lesion)*
- *vollständiger FPCMU mit kissing lesion am Humerus*
- *abaxialer Anteil des PCMU fragmentiert und Erosion der Gelenkfläche des Humeruskondylus (kissing lesion)*
- *Erosion oder Eburneation des Humeruskondylus alleine*
- *Erosion des Humeruskondylus und Fissurlinie im PCMU*

### 10.3.1 FPCMU

Die Entdeckung des FPCMU erfolgte erst relativ spät. Die Ursache dafür könnte in den Operationszugängen liegen. Diese wurden lange Zeit von lateral durchgeführt, so dass der medial gelegene Kronenfortsatz nicht dargestellt wurde (Fox et al. 1983). Wegen seiner Verbindung zum *Ligamentum anulare radii* und der dadurch bedingten Gefäßversorgung bleibt das Fragment erhalten, wird eher selten zu einem freien Gelenkkörper und so auch nicht resorbiert (Olsson 1983). Die Entfernung des Fragmentes stellt das Mittel der Wahl dar (Fox et al. 1983; Flo 1998).

Trotz operativer und medikamenteller Therapie schritt die Arthrose oftmals fort, weshalb verschiedene Osteotomien zur Verbesserung der Kongruenz im Ellbogengelenk entwickelt wurden. Die proximale Ulnaosteotomie wurde als Methode beschrieben, die die Arthroseentstehung zwar reduzieren, aber nicht vollständig verhindern konnte. Das gleiche Resultat lieferten humerale und radiale Osteotomien (Bardet 2006; Lozier 2006).

Die Tatsache, dass bei computertomographischen Untersuchungen erkrankter Ellbogengelenke keine signifikante Inkongruenz im Bereich des PCMU erkennbar war, spricht gegen generelle Osteotomien (Kramer et al. 2006). Mögliche Komplikationen, wie zum Beispiel eine exzessive Rotation des proximalen Osteotomiefragmentes, sind zu berücksichtigen (Ness 1998).

In ausgewählten Fällen scheint eine Osteotomie sinnvoll zu sein, vor allem bei jungen Hunden unter 7 Monaten und wenn die Fragmente nicht oder nur wenig disloziert sind. Eine frühe Korrektur der veränderten Verhältnisse im Ellbogengelenk kann ausreichen, um die Belastung auf den PCMU zu vermindern (Ness 1998; Van Ryssen et al. 2004a). Es kann aber auch ausreichen die Fragmente trotz gleichzeitigem Auftreten eines FPCMU und einer EI (Ellbogengelenkinkongruenz) zu entfernen (Van Ryssen et al. 2004a).

Es gibt Unterschiede in den Zugangsmethoden zum *Processus coronoideus medialis ulnae*. Der mediale Zugang hat den Vorteil, dass er weniger invasiv ist und eine schnellere Rückkehr zur vollen Funktion ermöglicht (Braden et al. 1994).

Ein kaudomedialer Zugang erlaubt gleichzeitig mit der Untersuchung und der eventuellen Entfernung des PCMU weitere therapeutische Maßnahmen, wie die Entfernung eines IPA (Meyer-Lindenberg et al. 2002b).

Folgende Vorgehensweisen sind beim FPCMU möglich (Bardet 2000a; Van Bree et al. 2000; Vezzoni 2000; Bardet 2004; Bardet 2006):

- *Arthrotomie und Entfernung des Fragmentes*
- *Entfernung in Kombination mit einer Osteotomie*
- *reine arthroskopische Entfernung des Fragmentes*
- *Kombination der genannten Methoden mit medikamenteller Therapie*

In einer Studie (109 Hunde mit 130 von FPCMU betroffenen Ellbogengelenken) wurden 68 Hunde über eine mediale Arthrotomie und 62 konservativ durch Ruhigstellung und medikamentöse Therapie mit Entzündungshemmern versorgt. Die operativ behandelten Hunde waren aktiver und zeigten geringgradigere Lahmheiten als die konservativ versorgten Tiere. Die Studie zeigte, dass junge Hunde mit geringer Lahmheit wegen eines FPCMU in Relation weniger von einer Operation profitieren als solche mit mittel- bis hochgradig chronischer Lahmheit (Read et al. 1990).

### 10.3.2 OCD

Wie bei der Therapie des FPCMU ist es wichtig, die Veränderung durch einen frühzeitigen Eingriff zu versorgen (Fox et al. 1983). Dieser beinhaltet die operative Entfernung abgelöster oder veränderter Knorpelteile, wenn nötig ein Debridement der Läsion und eine Kürretage der Läsion bis Blut aus dem subchondralen Knochen sichtbar wird. Dieses Vorgehen ist sowohl mittels Arthrotomie als auch mittels Arthroskopie möglich (Cook 2001; Bardet 2006).

Dabei wird im entstandenen Defektbett die Bildung von Faserknorpel stimuliert. Da das entstehende Narbengewebe biomechanisch nicht optimal ist, kann als neuere Methode auch eine Mosaikplastik durchgeführt werden. Hierbei wird versucht durch die Transplantation von autologem hyalinen Gelenkknorpel mit subchondraler Knochenplatte eine nahezu physiologische Gelenkflächenrekonstruktion zu erreichen (Böttcher et al. 2007).

### 10.3.3 IPA

Wird bei noch im Wachstum befindlichen Hunden das Ellbogengelenk frühzeitig ruhiggestellt, besteht die Chance einer Konsolidierung des *Processus anconaeus* (Punzet 1973). Im Allgemeinen gilt die konservative Therapie eines isolierten *Processus anconaeus* aber als wenig Erfolg versprechend. Um einer dauerhaften Lahmheit und fortschreitenden Osteoarthritis möglichst vorzubeugen, empfiehlt sich die operative Behandlung (Roy et al. 1994; Meyer-Lindenberg et al. 1999).

Es bestehen folgende Möglichkeiten zur operativen Therapie (Böhmer et al. 1987; Meyer-Lindenberg et al. 1999; Vezzoni 2000):

- Entfernung des IPA
- Fixation des IPA
- dynamische Ulnaosteotomie
- dynamische Ulnaosteotomie in Kombination mit Fixation des IPA

### 10.4 Operative Zugänge

Ursprünglich erfolgte der Standardzugang zum *Processus anconaeus* über die kraniale Kante des *Musculus triceps brachii* von lateral. Chalman und Slocum bevorzugten einen kaudolateralen Zugang zum Ellbogengelenk. Dieser ermöglicht in Zusammenhang mit einer partiellen Tenotomie des *Caput laterale* des *Musculus triceps brachii* die Exstirpation bzw. Fixation des *Processus anconaeus* und bietet weitere Versorgungsmöglichkeiten, zum Beispiel einer Ellbogengelenkluxation oder einer Humerusfraktur (Chalman und Slocum 1983). Zur Darstellung des *Processus anconaeus* kann auf die Tenotomie des *M. triceps brachii* verzichtet werden. Anstelle der partiellen Tenotomie des *Caput laterale* des *M. triceps brachii* kann die Trizepsmuskulatur vom Olekranon aus faserparallel nach proximal inzidiert werden. Dieser Schnitt wird so fortgesetzt, dass der an der *Crista epicondylis medialis humeri* entspringende Teil des *M. anconaeus* mit der Gelenkkapsel nach kranial umgeschlagen werden kann. Dies ermöglicht das *Caput longum* des *M. triceps* bei Flexion des Ellbogengelenkes nach kaudal zu verlagern (Böhmer et al. 1987).

Diese Methode eignet sich sowohl zur Exzision des *Processus anconaeus* als auch zu dessen Fixation. Der entscheidende Vorteil des kaudolateralen Zuganges liegt darin, dass der *Processus anconaeus* unter Kontrolle seiner Lage mit einer Zugschraube korrekt befestigt werden kann. Im Gegensatz zur Exzision wirkt dies der Entstehung einer Rotationsinstabilität entgegen. Bei einer frühzeitigen Intervention ist mit besseren Ergebnissen zu rechnen, was die Wichtigkeit einer frühen Diagnostik vor allem bei prädisponierten Hunden deutlich macht (Böhmer et al. 1987; Roy et al. 1994).

#### - Entfernung des IPA:

Die operative Entfernung des IPA wurde schon früh zur Behandlung einer auf das Ellbogengelenk zurückführbaren Lahmheit beschrieben (Stiern 1956; Loeffler 1963). Dies kann zu einer deutlichen Besserung oder sogar zur Heilung führen. Nach der Exzision des IPA kann eine unterschiedlich ausgeprägte Hemmung der Extension und/ oder Flexion im Ellbogengelenk auftreten (Roy et al. 1994). Unabhängig von der Behandlungsmethode kann es jedoch zur Entstehung oder zum Fortschreiten einer Arthrose kommen (Hanlon 1969; Sjöström et al. 1995; Sjöström 1998).

Eine ungünstige Prognose wurde schon damals bei stark fortgeschrittener Arthrose gestellt (Scartazzini 1969).

**- Fixation des IPA:**

Die Verschraubung des isolierten Knochenteiles mit der Ulna unter Verwendung von Zugschrauben erscheint aufgrund einer möglichen mediolateralen Instabilität im Ellbogengelenk, die durch die Entfernung des IPA entstehen kann, als erstrebenswertes Behandlungsziel. Durch die Zugschraube wird die Epiphysenfuge unter Druck gesetzt und zur Verknöcherung gebracht (Punzet 1973). Die Durchführung ist technisch schwierig und kann daher mit Komplikationen verbunden sein, besonders wenn eine ausreichende Stabilisierung durch eine vorherrschende Inkongruenz nicht erreicht wird (Roy et al. 1994).

**- Dynamische Ulnaosteotomie allein oder in Kombination mit einer Fixation des IPA:**

Die dynamische Ulnaosteotomie reduziert den Druck auf den *Processus anconaeus* und kann so zu dessen Konsolidierung mit der Ulna beitragen. Aus diesem Grund empfiehlt sich die Kombination einer Osteosynthese des IPA mit einer Ulnaosteotomie (Böhmer et al. 1987; Meyer-Lindenberg et al. 1999; Matis 2000).

Bei großen Hunderassen ist die proximale Ulnaosteotomie das Mittel der Wahl zur Wiederherstellung der Gelenkkongruenz. Bei chondrodystrophen Rassen (Basset Hounds, Dackel) besteht die Gefahr einer Pseudarthrosenbildung bei proximaler Ulnaosteotomie. Daher sollte bei diesen Rassen eine distale Ulnaosteotomie durchgeführt werden (Böhmer et al. 1987; Matis 2000).

Der Erhalt des *Processus anconaeus* ist anzustreben, da er das Gelenk während der Streckung und Belastung stabilisiert (Meyer-Lindenberg et al. 1999).

Der Vorteil einer alleinigen Ulnaosteotomie liegt darin, dass das Ellbogengelenk nicht geöffnet werden muss (Sjöström 1998).

Eine frühzeitige Fixation des IPA wird in Abhängigkeit vom Alter des Tieres mehr oder weniger empfohlen. Bis zu einem Durchschnittsalter von 22 Wochen besteht noch eine stärkere Wachstumspotenz (Meyer-Lindenberg et al. 1999).

Bei jungen Hunden bis zu einem Lebensalter von 8 Monaten sollte bei einer Lockerung des IPA eine Stabilisierung mittels Zugschraube und eine proximale schräge Ulnaosteotomie erfolgen. Wenn der PA sich noch „in situ“ befindet, ist eine alleinige Ulnaosteotomie ausreichend. Bei älteren Hunden und fortgeschrittener Arthrose oder Gelenken mit weiteren Befunden, wie einem FPCMU, wird ein operativer Zugang und die Entfernung des IPA empfohlen (Holsworth 2004).

Im Allgemeinen werden die besten Ergebnisse bei Hunden unter 6 Monaten erzielt (Böhmer et al. 1987; Matis 2000).

### **10.5 Mögliche Komplikationen**

Eine zu schnelle Konsolidierung der Ulnaosteotomiestelle kann die Rückkehr zu normalen anatomischen Verhältnissen im Ellbogengelenk insofern stören, als dass ein vermehrter Druck auf den PA ausgeübt wird. Als weitere Komplikation ist auch ein Abkippen der Ulna und die daraus resultierende Instabilität zu nennen. In vielen Fällen bewegen sich die Knochenenden bei der Osteotomie spontan auseinander. Erfolgt dies nicht, müssen sie auseinandergedrückt und die Lücke groß genug gewählt werden (Sjöström et al. 1995; Sjöström 1998; Meyer-Lindenberg et al. 1999).

Sjöström führte bei 22 Gelenken mit einem IPA eine dynamische proximale Ulnaosteotomie ohne Fixation der Ulna durch. Bei 15 Gelenken verwuchs der PA. Andere Literaturstellen berichten von niedrigeren Erfolgsquoten. Teilweise konnte zwar eine Lahmheitsbesserung erzielt werden, aber keine Verwachsung des PA mit der Ulna. Bei einer Fixation per Zugschraube können Komplikationen auftreten, wie beispielsweise Implantatlockerung und Nichtverwachsung. Deshalb scheint eine Kombination der Methoden die größten Erfolgschancen zu bieten. Hunde, bei denen der Knorpelüberzug erhalten und der PA mit der Ulna fibrös verbunden ist, können auch mit einer alleinigen Ulnaosteotomie ausreichend therapiert werden (Meyer-Lindenberg et al. 1999).

Die Entfernung eines IPA ist auch arthroskopisch mit guten Erfolgen möglich. Allerdings stellen nichtbehandelte assoziierte Läsionen und eine bestehende bzw. nichtbehandelte Inkongruenz bedeutende Faktoren in der Entwicklung von Arthrosen dar (Bardet 2000b).

### **10.6 Operatives Vorgehen bei weiteren Erkrankungen im Ellbogengelenk**

Die folgenden Therapiehinweise werden als Abrundung der Behandlungsmöglichkeiten des Ellbogengelenks lediglich kurz erwähnt, da diese keinen Hauptbestandteil der vorliegenden Arbeit darstellen. Genauere Operationsbeschreibungen können der Literatur entnommen werden (Meij und Hazewinkel 1996).

#### **IOHC:**

Eine IOHC lässt sich durch die Fixation mit einer Zugschraube versorgen (Meyer-Lindenberg et al. 2002a).

#### **Corpora libera:**

Bei bestehenden Enthesiophyten, Verkalkungen oder Fragmenten im Weichteilgewebe ist eine Entfernung zur Lahmheitsbesserung ausreichend, wenn ansonsten keine größeren Arthrosen oder anderen Erkrankungen vorliegen (Houlton 2004).

### ***10.7 Die Arthroskopie und deren Anwendung am Ellbogengelenk***

Die Arthroskopie stellt ein minimal invasives chirurgisches Verfahren zur genauen Inspektion von Gelenken dar. Neben der Diagnostik besteht die Möglichkeit der operativen Therapie während einer Sitzung. Bei Lahmheiten, die sich durch klinische oder röntgenologische Untersuchungen einem Gelenk zuordnen lassen, bietet dieses Verfahren eine Alternative zur diagnostischen Arthrotomie. Anfänglich beim Kniegelenk eingesetzt gibt es heute durch die Entwicklung spezieller Arthroskope auch bei engeren Gelenken wie dem Ellbogengelenk viele Einsatzgebiete (Innes 2000; Janthur et al. 2000; Beale et al. 2003a; Fitzpatrick 2007).

Unter aseptischen Bedingungen und Allgemeinanästhesie wird der Patient wie für eine diagnostische Arthrotomie vorbereitet. Er befindet sich dabei in Seitenlage mit der erkrankten Gliedmaße nach unten und dem Ellbogengelenk direkt über der Tischkante. In dieser Position ist eine Erweiterung des Gelenkspaltes durch Abduktion über die Tischkante bei gleichzeitiger Innenrotation des Unterarmes möglich. Die kontralaterale Vordergliedmaße wird nach kaudal ausgebunden (Engelke et al. 1996; Van Bree und Van Ryssen 1996; Janthur et al. 2000).

Für die gleichzeitige Arthroskopie beider Ellbogengelenke gibt es auch die Möglichkeit den Hund in Rückenlage zu bringen und den jeweiligen Ellbogen auf eine Halterung zu legen (Beale et al. 2003b).

Durch Punktion des Ellbogengelenkes von kaudomedial zwischen Trochlea humeri und Ellbogenhöcker wird einerseits durch Synoviagewinnung die korrekte Position überprüft und andererseits durch Instillation von physiologischer Kochsalzlösung oder Ringer-Laktat-Lösung eine Erweiterung der Gelenkinnenräume erreicht. Die dabei verwendete Kanüle kann im weiteren Verlauf der arthroskopischen Untersuchung als Abfluss für die permanent durchgeführte Gelenkspülung dienen (Engelke et al. 1996; Janthur et al. 2000). Die Benutzung von Ringer-Laktat als Spülflüssigkeit schont im Vergleich zur Kochsalzlösung den Gelenkknorpel (Beale et al. 2003b).

Der arthroskopische Zugang zum Ellbogen befindet sich etwa 1 cm distal und 0,5 – 1 cm kaudal des medialen *Epicondylus humeri*. Nach der Punktion an der korrekten Stelle sollte die vorher eingebrachte Spüllösung im Strahl aus der Kanüle fließen. Es wird eine Arthroskophülse mit zunächst spitzem Obturator durch die Gelenkkapsel eingeführt, der bei weiteren Manipulationen durch einen stumpfen Obturator ersetzt wird. Die Optik wird durch die Arthroskophülse eingeführt, das Lichtkabel und die Spülung werden angeschlossen. Die optimale Gelenkdistension wird mit etwa 100 – 120 mmHG angegeben und durch Druckinfusion erreicht (Engelke et al. 1996; Janthur et al. 2000).

Der Instrumentenzugang für therapeutische Maßnahmen befindet sich etwa 1 cm kranial des Arthroskops, direkt hinter dem *Lig. collaterale mediale* (Van Ryssen und Van Bree 1999).

Die Verwendung eines Aufzeichnungssystems mit Video und Monitor bietet Vorteile im Bezug auf die Zugänglichkeit des Untersuchungsbefundes für mehrere Untersucher und die Wahrung der Asepsis, da das Untersucherauge nicht direkt an die Optik herangeführt werden muss (Engelke et al. 1996; Janthur et al. 2000).

Die Arthroskopie am Ellbogen erlaubt eine Beurteilung des *Processus anconaeus*, der *Incisura trochlearis ulnae*, des *Processus coronoideus lateralis und medialis*, des *Caput radii*, der *Trochlea humeri* und des axialen Anteils des *Capitulum humeri*. Das systematische Aufsuchen dieser jeweiligen Ansichten hilft dem Untersucher routiniert vorzugehen und auch alle eventuellen Veränderungen für mögliche weitergehende Untersuchungen zu dokumentieren (Van Ryssen und Van Bree 1999; Beale et al. 2003b).

Je nach Zugang lassen sich die für den ED-Komplex relevanten Läsionen gut darstellen. Mit einem medialen Zugang lässt sich der mediale Gelenkabschnitt vollständig einsehen, während die lateralen und kranialen Anteile nur schwer zugänglich sind. Veränderungen in diesen Bereichen gelten klinisch aber als weniger relevant (Janthur et al. 2000).

Bei entsprechender Positionierung des Arthroskopes wurden auch Unterschiede in der Ebene des lateralen und medialen Kronenfortsatzes und des Radiuskopfes festgestellt und so Hinweise auf einen unterschiedlichen arthroskopischen Befund zwischen kongruenten und inkongruenten Gelenken erhalten. Bei inkongruenten Gelenken lagen die genannten Knochenanteile nicht in einer Ebene (Van Ryssen und Van Bree 2000). Durch die Distraction im Gelenk, die während der Untersuchung erfolgt, ist für die Beurteilung viel Erfahrung nötig (Meyer-Lindenberg 2004).

Eine experimentelle Studie an Schultergliedmaßenpräparaten ergab für die Beurteilung einer künstlich hergestellten Inkongruenz mittels Arthroskopie eine Sensitivität von 94% und Spezifität von 81,9% (Wagner et al. 2007).



## 11 Prognose und Prophylaxe

Das Vorhandensein von arthrotischen Veränderungen zu Beginn einer Behandlung stellt einen bedeutenden Faktor für die Prognose dar (Theyse et al. 2005).

Bei einem FPCMU ist es generell schwierig eine Prognose zu stellen (Boulay 1998). Bei gleichzeitigem Auftreten zweier Erkrankungen kann man jedoch insgesamt von einer eher schlechteren Prognose ausgehen (Berzon und Quick 1980). Die Prognose bei FPCMU ist vor allem für Diensthunde, zum Beispiel Jagdhunde und Polizeihunde im Hinblick auf eine vollständige Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit schlecht (Nap 1995).

Eine fehlende Korrelation bei Hunden mit einem FPCMU zwischen Lahmheitsgrad, röntgenologischen und pathologischen Veränderungen macht eine längerfristige Aussage schwierig. Vor der Behandlung länger lahmgehende Hunde scheinen auch nach der Therapie häufiger zu lahmen (Read et al. 1990).

Operierte Hunde scheinen aktiver und zeigen seltener wiederkehrende oder sich verschlechternde Lahmheiten als solche, die nur Medikamente erhalten (Flo 1998).

Bei einer Ellbogengelenkinkongruenz sollte man feststellen, ob die Wachstumsfugen schon ganz geschlossen sind. Die Ergebnisse können sich deutlich verbessern, wenn noch Wachstumspotential und somit ein zusätzlicher Ausgleich im Gelenk möglich ist (Theyse 2004).

Eine bestehende und nicht behandelte EI kann auch die Ursache für schlechtere Therapieerfolge sein (Van Ryssen et al. 2004b). Bei einer ausgeprägten Inkongruenz werden schlechtere Ergebnisse erzielt (Van Ryssen et al. 2004b).

Da die Vererbung bei der ED eine große Rolle spielt, sind zuchthygienische Maßnahmen dringend notwendig (Pobisch et al. 1972; Guthrie und Pidduck 1990; Grøndalen und Lingaas 1991; Ubbink et al. 1999; Janutta et al. 2006).

Da das Auftreten eines FPC, IPA und einer OCD zwischen dem 4. und 6. Lebensmonat gehäuft ist und zu dieser Zeit die Knochen und Gelenke unvollständig geformt sind, ist eine Gewichts- und Aktivitätskontrolle in diesen Monaten anzuraten.

Bei prädisponierten Junghunden, die im Alter von 5 – 8 (12) Monaten eine Schmerzreaktion bei Manipulation im Ellbogen zeigen, sollte stets das Vorhandensein einer ED abgeklärt werden, um frühzeitig notwendige Diagnose- und Therapiemaßnahmen einzuleiten (Walde und Tellhelm 1991).

Eine strenge Beurteilung zur Zuchtzulassung beinhaltet das Risiko gesunde Hunde mit falsch positiver ED-Diagnose von der Zucht auszuschließen. Dies wird jedoch als weniger gravierend angesehen als die falsch negative Beurteilung, da die Zulassung erkrankter Hunde zur Zucht zu einer Weitervererbung der Merkmale führen kann (Janutta et al. 2006).

Zuchthygienische Schwierigkeiten ergeben sich dadurch, dass reinrassige Hundepopulationen nur einen begrenzten Genpool aufweisen und die genetische Heterogenität mit der Zeit abnimmt (Ubbink et al. 1996). Der vorhandene Genpool, die Akzeptanz der Züchter und die oftmals fehlende Übereinstimmung von klinischen Symptomen sind zu berücksichtigen. Von der Zucht sollten Hunde mit ED-Grad 2 und 3 ausgeschlossen werden. Bei Grad 1 sollte nur gezüchtet werden, wenn aufgrund des geringen Genpools keine andere Möglichkeit besteht (Read et al. 1996).

In Bezug auf das häufige Auftreten der ED beim Rüden und dem möglichen Zusammenhang mit einem höheren Körpergewicht sollten Zuchtziele auf Körpermasse, wie zum Beispiel beim Rottweiler, überprüft werden (Beuing et al. 2000).

Um eine Schmerzfreiheit im Ellbogen zu erzielen wäre, ähnlich wie beim Hüftgelenk, eine Ellbogengelenkprothese wünschenswert. Die Methoden hierzu befinden sich noch weitgehend in der Erprobungsphase und sind noch nicht kommerziell erhältlich (Bardet 2002; Conzemius 2002).

Die TEA (total elbow arthroplasty) wird dadurch erschwert, dass sich das Ellbogengelenk aus drei Knochen zusammensetzt. Dieses Verhältnis muss durch eine Prothese nachgeahmt bzw. ausgeglichen werden.

Das Grundprinzip stellt eine Prothese dar, die aus 2 Teilen besteht. Der 1. Teil wird in den Humerus und die andere Komponente in Radius und Ulna zementiert. Dies würde keine Versteifung des Radioulnargelenkes nach sich ziehen. Mögliche Komplikationen stellen Infektionen, Luxationen oder Frakturen der Knochen dar (Conzemius et al. 2003).

### **III. MOTIVATION UND ZIELSETZUNG**

Das Ziel dieser Dissertation bestand darin, die Möglichkeiten der bildgebenden Verfahren zur Diagnosestellung der Ellbogengelenkdysplasie zu untersuchen und den Behandlungserfolg unter Berücksichtigung der Arthroseprogression zu beurteilen.

### **IV. MATERIAL UND METHODEN**

#### **1 Patienten**

Als Grundlage dieser Untersuchung dienten die Daten von 55 Hunden, die im Zeitraum von Anfang 1999 bis Ende 2006 in der Chirurgischen Tierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München wegen einer auf das Ellbogengelenk zurückzuführenden Lahmheit behandelt wurden.

Alle Patienten wurden in diesem Zeitraum röntgenologisch, computertomographisch, teilweise auch szintigraphisch untersucht und anschließend am Ellbogen operiert.

Die Besitzer der Hunde wurden gebeten, ihre Tiere für eine Nachuntersuchung der Ellbogengelenke in der Klinik vorzustellen. Im Gespräch wurde den Besitzern erklärt, dass eine klinische Untersuchung, die Anfertigung von Röntgenbildern und eine Laufbandanalyse mit dem Hund durchgeführt werden soll. Es wurde darauf hingewiesen, dass eine solche Nachuntersuchung und Kontrolle der damals erfolgten Behandlung nicht nur dem eigenen Tier, sondern auch der zukünftigen Hundepopulation Vorteile erbringen könnte. Diese wären in der Früherkennung von Erkrankungen der Ellbogengelenke oder in der Auswahl einer bestimmten Behandlungsmethode zu sehen.

#### **1.1 Nachuntersuchung**

##### **1.1.1 Patientengut**

Alle 55 Hunde konnten durchschnittlich 2,65 Jahre, mindestens aber 6 Monate, nach dem operativen Eingriff in der Chirurgischen Tierklinik der LMU klinisch-orthopädisch und röntgenologisch nachuntersucht werden.

Folgende Punkte fanden bei der klinischen Untersuchung Beachtung:

Allgemeinzustand, Körpergewicht, Gliedmaßenstellung, Körperhaltung, Bemuskelung, Beurteilung in Stand und Bewegung, Messung der Gelenkwinkel der Schultergliedmaßen und palpatorische Befunde.

Zur einheitlichen Durchführung und Dokumentation der Ergebnisse wurden der im Anhang dargestellte Besitzerfragebogen und das Untersuchungsprotokoll (Appendix 1 und 2) erstellt und bewertet.

Nach einer klinischen Lahmheitsuntersuchung wurden Röntgenbilder beider Ellbogengelenke in 2 – 3 Ebenen angefertigt. Diese wurden ebenfalls nach dem oben beschriebenen Schema ausgewertet. Zur besseren Dokumentation wurden außerdem beide Schulter- und Karpalgelenke und die Vorderpfoten geröntgt.

Im Anschluss an die klinische und radiologische Beurteilung erfolgte bei 33 Hunden eine computerisierte Ganganalyse mittels Laufband. Da nicht alle Tierbesitzer sich von dem Nutzen der Analyse überzeugen ließen und nur einige Patienten akute deutliche Lahmheiten zeigten, konnte nur eine Auswahl der Patienten für diese weitergehende Untersuchung herangezogen werden.

Zur Anamnese der Lahmheitsentwicklung wurde den Besitzern in der Wartezeit ein Fragebogen ausgehändigt. Der Fragebogen ist in Appendix 1 ersichtlich.

### 1.1.2 Allgemeines

Die Gelenkwinkelung der Schulter-, Ellbogen- und Karpalgelenke wurde sowohl im Stand als auch in der Extension und Flexion bestimmt. Hierzu wurden die Hunde im wachen Zustand stehend und in Seitenlage liegend mit einem handelsüblichen Plastikgoniometer untersucht.

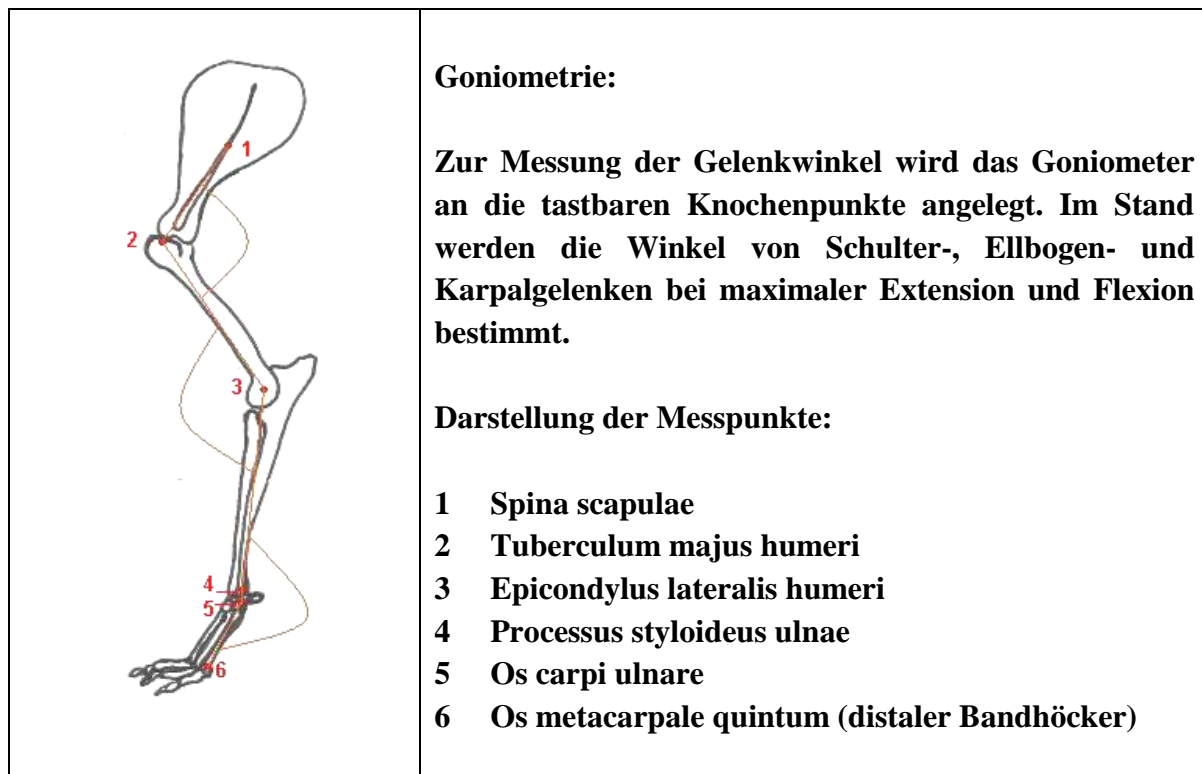


Abb. 9: Messung der Gelenkwinkel: Darstellung der Messpunkte.

## 2 Bildgebende Verfahren

Für die Auswertung der bildgebenden Verfahren wurde nach dem folgenden Schema vorgegangen:

<b>Röntgenbilder:</b>	Beurteilung nach der ED-Klassifikation anhand der IEWG-Richtlinien.
<b>CT-Bilder:</b>	Auswertung anhand eines selbst entwickelten Schemas.
<b>Szintigraphie:</b>	Quantifizierung in Prozent, visuelle Beurteilung.

### 2.1 Röntgenbefunde

#### 2.1.1 Archivierte Röntgenbilder

Die vor der Nachkontrolle angefertigten Röntgenaufnahmen aller Hunde wurden erneut ausgewertet. Die Arthrosegrade der Ellbogengelenke und eventuell vorliegende Befunde anderer Aufnahmen wurden dokumentiert. Zur Einteilung der ED-Grade wurde die Klassifikation in Arthrosegrade anhand der IEWG-Richtlinien verwendet, wie in den eigenen Untersuchungen beschrieben (*Kapitel 6.2, Tabelle 4*).

#### 2.1.2 Neu erstellte Röntgenbilder

Folgende Röntgengeräte wurden in der Chirurgischen Tierklinik der LMU München verwendet:

Siregraph D (Siemens), Röntgenstrahlerbezeichnung Opti 150 30/ 50C100L, Hochspannungserzeuger Polymat 70 (maximale Röhrenspannung: 150 kV, maximaler Röhrenstrom: 800 mAs), Buckytisch Multix UH (Siemens), Röntgenstrahler: Optitop 150/ 40/ 80 HC-100L  
Software: AGFA ADC Compact Plus-Musica

#### Ellbogen:

Um die Ellbogengelenke beurteilen zu können, wurden Standardaufnahmen in 2 Ebenen angefertigt. Waren Veränderungen in diesen Ebenen nicht eindeutig erkennbar oder gab es in der Vorgeschichte entsprechende Hinweise, wurde noch eine Zusatzaufnahme gemacht.

#### Standardaufnahmen:

- mediolateraler Strahlengang, Ellbogengelenk in neutraler Stellung (ca. 120 – 145°)
- kraniokaudaler Strahlengang, Ellbogengelenk in leichter Pronation (ca. 15°)

#### Zusatzaufnahme:

- mediolateraler Strahlengang, Ellbogengelenk ca. 45° gebeugt, zur besseren Beurteilung des *Processus anconaeus*

Die Einteilung der Ellbogengelenke in Arthrose- bzw. ED-Grade erfolgte anhand der ARTH-Methode bzw. des ED-Scores der IEWG (Tabelle 4).

Diese sieht sowohl eine Einteilung nach einem Punktesystem als auch eine Beurteilung unter Einbeziehung von Primärläsionen vor. Da die meisten in dieser Studie untersuchten Ellbogengelenke nachweislich von Primärläsionen betroffen und deshalb operiert worden waren, wurde die Auswertung nur auf die arthrotischen Veränderungen abgestimmt. Im Vordergrund standen dabei die arthrotischen Auflagerungen an den Prädilektionsstellen und sklerotische Veränderungen der Knochenstruktur.

Die eigene Beurteilung erfolgte durch die systematische Beurteilung der in Tabelle 6 dargestellten Strukturen:

<b>mediolateral gestreckte Aufnahme</b>	<b>mediolateral gebeugte Aufnahme</b>	<b>kraniokaudale Aufnahme</b>
* Gelenkspalt (Symmetrie, Kongruenz)	* Proc. anconaeus (IPA, Osteophyten)	* Gelenkspalt
* Proc. anconaeus	* Olekranon	* Proc. anconaeus
* Tuber olecrani	* medialer Humerusepikondylus	* Foramen supratrochleare
* Begrenzung Humerusepikondylen	* mediales Coronoid	* Tuber olecrani
* Incisura trochlearis der Ulna	* Radiuskopf	* Trochlea humeri
* laterales Coronoid	* Humeruskondylus	* Humerusepikondylen
* mediales Coronoid	* Osteophyten (außer Anconaeus)	* mediales Coronoid
* Radiuskopf	* Weichteilstrukturen	* Radiuskopf
* Humeruskondylus	* sonstiges	* Osteophyten
* Osteophyten (außer Anconaeus)		* Weichteilstrukturen
* Weichteilstrukturen		* sonstiges
* sonstiges		

Tab. 6: Schemata der eigenen Beurteilung der Röntgenbilder.

Zum Ausschluss zusätzlicher Veränderungen bzw. zur Dokumentation wurden bei allen Hunden auch die Schultergelenke und Vorderpfoten mit Karpalgelenken geröntgt. Hierzu wurde für die Schultern eine mediolaterale Übersichtsaufnahme und für die Pfoten eine kraniokaudale Aufnahme angefertigt. Ergaben sich Hinweise auf Veränderungen wurde insbesondere bei den Karpalgelenken eine zweite Ebene angefertigt.

## 2.2 CT-Befunde

Alle Patienten wurden präoperativ einer computertomographischen Untersuchung unterzogen. Die Schnittbilder dieser Untersuchungen wurden vor der Nachkontrolle nochmals nach einem selbst erstellten Schema ausgewertet, um eine Vereinheitlichung der Befunde zu ermöglichen.

### **Processus coronoideus medialis**

FPCM: einzelnes strahlendichtes Fragment, mehrere Fragmente nahe am PCMU

Veränderung sichtbar auf: Transversalschnitt, Sagittalschnitt

Fissur oder Fragment: in situ oder disloziert

Strahlendichte: Sklerose, Aufhellungszonen, -linien

Knochenumrisse: Osteophyten, abnorme Kontur, Konturverlust

### **Processus anconaeus**

IPA

Dislokation

Veränderung sichtbar auf: Transversalschnitt, Sagittalschnitt

### **Humeruskondylus**

medialer und lateraler Aspekt: Sklerose, Aufhellung oder Abflachung

Veränderung sichtbar auf: Transversalschnitt, Sagittalschnitt

Aufhellungslinie zwischen Kondylusanteilen vorhanden oder nicht vorhanden

### **Incisura trochlearis, Incisura radialis**

Kontur, Osteophyten, Strahlendichte

### **Gelenkkongruenz**

Inkongruenz: humeroulnar, humeroradial, radioulnar

Gelenkspalt: verbreitert, regelmäßig, unregelmäßig, Stufe im Gelenk

### **Hinweis auf degenerative Veränderungen**

Osteophyten: Humerus, Ulna (nicht am PCMU), Radius

Tab. 7: *Kurzfassung der angewandten CT-Auswertung.*

Folgendes Bewertungsschema wurde angewandt:

### **Bewertung:**

**0:** frei von Veränderungen

**1:** geringgradige degenerative Veränderungen, keine Aufhellungen oder Sklerose, keine Fissur, kein Fragment

**2:** degenerative Veränderungen, Aufhellungen oder Sklerose, keine oder nur undeutliche Fissur, kein Fragment

**3:** deutliche Veränderungen, deutliche Fissur, kein freies Fragment

**4:** deutliche Veränderungen, deutliches Fragment, evtl. disloziertes Fragment

### 2.3 Szintigraphie-Befunde

Bei 27 nachuntersuchten Hunden wurde präoperativ eine Szintigraphie durchgeführt. Abhängig von den archivierten Daten wurden die damals erhobenen Befunde erneut ausgewertet und beurteilt.

Hierzu wurde sowohl eine optische Beurteilung im Bezug auf vermehrte Anreicherungen in bestimmten Gelenken als auch die ROI-Technik angewendet.

### 2.4 Computerisierte Ganganalyse

Bei 33 Hunden erfolgte zur objektiven Beurteilung des Gangbildes eine computerisierte Ganganalyse. Die Ganganalyse erfolgte im Ganglabor der Chirurgischen Tierklinik der LMU. Das Ganglabor besteht aus einem motorbetriebenen Laufband mit 4 integrierten Kistler® Kraftmessplatten, 9 Kameras inklusive Scheinwerfern und einem Videoaufzeichnungssystem. Die Bearbeitung und Auswertung der Daten erfolgte durch die Verwendung der Simi© Motion Analysis Software.

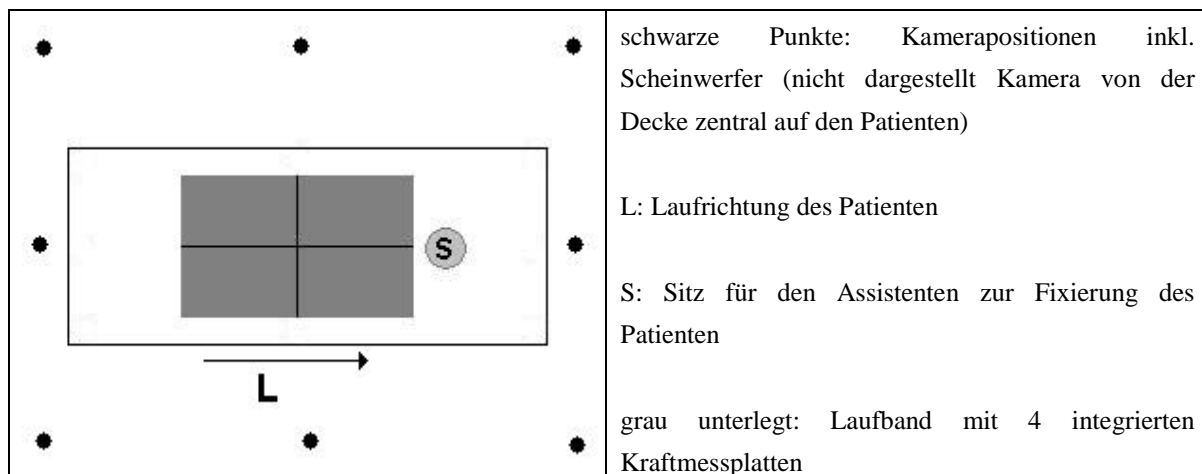


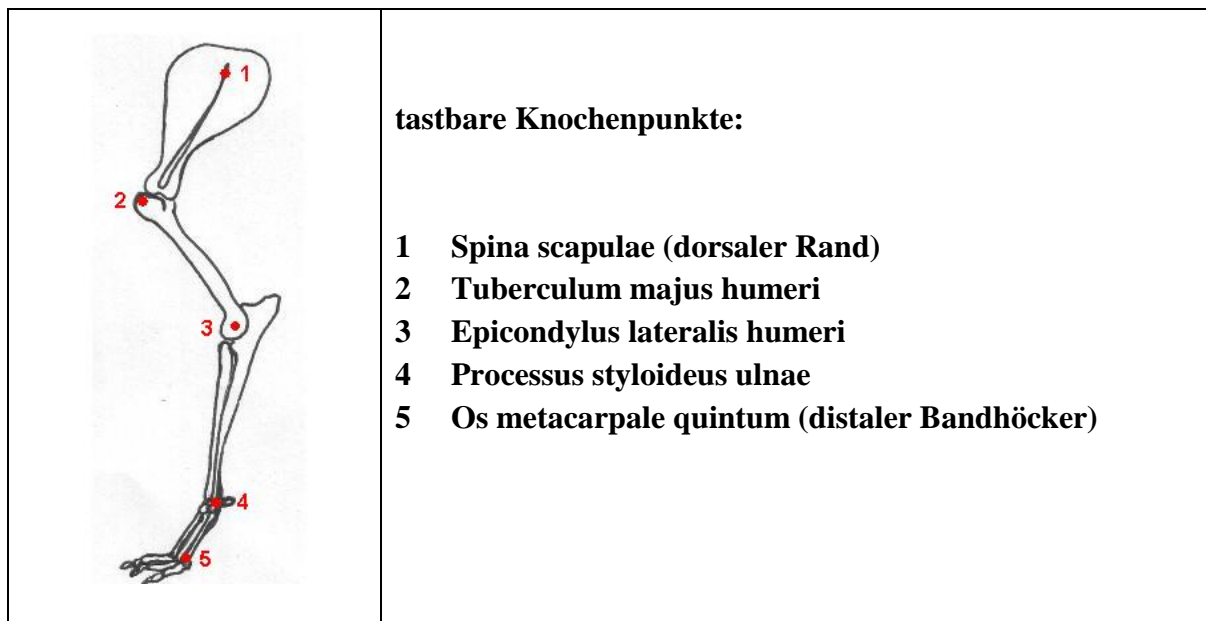
Abb. 10: Schematische Darstellung der Kamerapositionen.

Zur Standardisierung wurde die Laufbanduntersuchung und Auswertung vom selben Untersucher durchgeführt. Zur Fixierung der Hunde auf dem Laufband wurden verschiedene Assistenten und Tierbesitzer herangezogen.

Die Tiere wurden einige Minuten an das Laufen auf dem Band gewöhnt. Es konnten nur diejenigen Schritte als aussagekräftig beurteilt werden, bei denen jeweils eine Pfote nur eine Kraftmessplatte berührte. Die Bodenreaktionskräfte solcher Schrittfolgen wurden ermittelt und die vertikalen Bodenreaktionskräfte zur Auswertung herangezogen.



Zur gleichzeitigen kinematischen Untersuchung wurden den Patienten reflektierende Marker an vorher palpatorisch bestimmten und ausrasierten Stellen aufgeklebt (*Abb. 11*). Während des Laufens auf dem Band wurden synchronisierte Videoaufnahmen aufgezeichnet. Aus diesen Daten wurde anschließend über die Software der Bewegungsumfang ROM (range of motion) der Gelenke der Schultergliedmaßen bestimmt. Die mittlere Bandgeschwindigkeit lag bei den Untersuchungen bei 0,5 m/ sec.



*Abb. 11: Kinematische Ganganalyse – Darstellung der Markerpositionen.*

An den tastbaren Knochenpunkten wurden reflektierende Marker aus Styropor angebracht.



*Abb. 12: Das Foto zeigt einen Hund mit aufgeklebten Markern.*

## V. ERGEBNISSE

### 1 Patientendaten

#### 1.1 Anzahl und Rasse

Die für diese Arbeit untersuchte Patientengruppe umfasste 55 Hunde. Aufgrund der Auswahlkriterien, Erkrankung im Sinne der ED und diagnostische sowie operative Maßnahmen in der Chirurgischen Tierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität bestand das Patientengut aus einer hinsichtlich Alter, Rasse und Geschlecht inhomogenen Gruppe.

Die Rasseverteilung ist in Tabelle 8 dargestellt:

Rasse	Anzahl	Rasse	Anzahl
Golden Retriever	6	Bernhardiner-Mischling	1
Labrador Retriever	5	Boerboel	1
Rottweiler	5	Boxer-Mischling	1
Mischling (Rasse unbekannt)	5	Briard	1
Berner Sennenhund	4	Collie	1
Englische Bulldogge	3	Dalmatiner	1
Deutscher Schäferhund	2	Deutscher Boxer	1
Labrador-Mischling	2	Großer Münsterländer	1
Schäferhund-Mischling	2	Husky-Mischling	1
Riesenschnauzer	2	Kleiner Münsterländer	1
American Staffordshire Terrier	1	Mittelschnauzer	1
Australian Cattle Dog	1	Rottweiler-Mischling	1
Australian Shepherd	1	Wachtelhund	1
Beagle	1	Wolfspitz-Mischling	1
Belgischer Schäferhund	1		

Tab. 8: Anzahl und Art der untersuchten Tiere.

#### 1.2 Körpergewicht

Das mittlere Körpergewicht der untersuchten Hunde lag bei 34 kg, mit einem Minimum bei 18 und einem Maximum bei 61 kg. Die Hunde lassen sich gemäß der folgenden Tabelle in drei verschiedene Gewichtsklassen einteilen:

Gewichtsklasse	Körpergewicht in kg	Anzahl Hunde	Anzahl (%)
<b>I</b>	18 – 30	23	42
<b>II</b>	31 – 45	25	45
<b>III</b>	46 – 61	7	13

Tab. 9: Einteilung der untersuchten Hunde in Gewichtsklassen.

### 1.3 Geschlecht

Unter den 55 untersuchten Hunden befanden sich 29 Rüden (53%) und 26 Hündinnen (47%). Der Anteil der kastrierten Tiere betrug bei den Rüden 21% und bei den Hündinnen 61%.

### 1.4 Altersverhältnisse

Zum Zeitpunkt der Erstvorstellung in der Chirurgischen Tierklinik der LMU waren die Hunde im Durchschnitt 3,18 Jahre alt. Der jüngste vorgestellte Patient war 21 Wochen, der älteste 8,5 Jahre alt. Da eine zeitnahe Versorgung durchgeführt wurde, entsprach das Alter zum Zeitpunkt der Operation diesen Angaben. Das Durchschnittsalter bei der operativen Versorgung lag bei 3,22 Jahren, wobei der jüngste Patient 21,08 Wochen und der älteste 8,54 Jahre alt war.

Die Nachkontrolle erfolgte im Alter zwischen 1,8 und 11,6 Jahren, im Durchschnitt mit 6,1 Jahren.

Der mittlere Kontrollzeitraum betrug 2,65 Jahre (31,8 Monate), mindestens jedoch 6 Monate. Das längste Intervall zwischen der Operation und der Nachkontrolle im Rahmen dieser Arbeit betrug 6,65 Jahre (79,8 Monate).

## 2 Lokalisation der Operation

Bei den 55 Patienten wurden 67 Ellbogengelenke operativ versorgt. Bei 55% der Ellbogengelenke handelte es sich um die rechte, bei 45% um die linke Schultergliedmaße. 22% der Hunde wurden beidseitig versorgt, davon 2 mehrmals (jeweils ein linker und ein rechter Ellbogen).

Bei 89% der Patienten lag eine Erkrankung im Bereich des *Processus coronoideus medialis ulnae* vor.

Bei den restlichen 11% traten weitere Erkrankungen des ED-Komplexes auf. In 2 Fällen lag nicht nur ein FPCMU vor, sondern gleichzeitig auch ein isolierter *Processus anconaeus*. Bei einem dieser Fälle wurde die Resektion des PCMU 8 Monate nach der Entfernung des IPA durchgeführt.

Bei einem Patient lag zusätzlich zum FPCMU eine *Osteochondrosis dissecans* vor. Eine beidseitige OCD ohne FPCMU trat bei einem weiteren Patienten auf. Ein Patient hatte auf einem Ellbogengelenk eine IOHC und auf dem anderen Ellbogengelenk einen FPCMU.

Bei einem Patienten konnte intraoperativ keine Veränderung des PCMU festgestellt werden, weshalb beidseitig ein Cleaning Up des Gelenkes und einseitig eine dynamisierende Ulnaosteotomie durchgeführt wurde.

### 3 Anamnестische Daten

Mit Hilfe des Fragebogens wurde die Zufriedenheit der Tierbesitzer mit der durchgeführten Operation evaluiert. Dabei zeigte sich, dass 80% der Tierbesitzer mit der operativen Behandlung zufrieden waren, 11% beurteilten den Erfolg als mittelmäßig, 7% waren unzufrieden und ein Patientenbesitzer enthielt sich.

Anhand der Angaben der Tierbesitzer und den vorliegenden Patientenakten erfolgte eine Einteilung und Beurteilung der präoperativen Lahmheitsdauer. Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle dargestellt:

<b>LH Dauer präoperativ</b>	<b>Anzahl Patienten</b>	<b>prozentuale Angabe</b>
<b>≤ 4 Wochen</b>	18	32,7
<b>1 – 3 Monate</b>	17	30,9
<b>3 – 6 Monate</b>	10	18,2
<b>6 – 12 Monate</b>	7	12,7
<b>&gt; 12 Monate</b>	2	3,6
<b>keine Angabe</b>	1	1,8
<b>Summe</b>	55	~100

Tab. 10: Einteilung und Beurteilung der präoperativen Lahmheitsdauer.

Der Großteil der Patienten (65%) wurde nach einer kurzen (bis zu 4 Wochen) bis mittleren (bis zu 12 Wochen) Lahmheitsdauer vorgestellt und operativ versorgt.

Im Fragebogen wurden die Besitzer ebenfalls gebeten die Lahmheitsentwicklung nach dem operativen Eingriff zu beurteilen (Tab. 11).

<b>Lahmheitsentwicklung</b>	<b>wenige Monate post OP (%)</b>	<b>1 Jahr post OP (%)</b>
<b>besser</b>	78,2	78,2
<b>in etwa gleich</b>	25,4	14,5
<b>schlechter</b>	1,8	3,6
<b>getrennte Angaben bei beidseitig operiertem Hund</b>	5,4	3,6

*Tab. 11: Beurteilung der Lahmheitsentwicklung durch die Besitzer (siehe auch Appendix 1).*

71% der Tierbesitzer gaben an, dass ihr Hund lahmsheitsfreie Perioden hatte. Bei 22% war die Beurteilung fraglich, da die Hunde eine zwischenzeitliche Besserung der Symptome zeigten oder die Lahmheit beim Spielen mit anderen Hunden „vergäßen“. 7% der Besitzer konnten keine Lahmheitsfreiheit feststellen.

Die meisten Besitzer beschrieben eine länger andauernde Lahmheit nach längeren Ruhephasen oder größerer Anstrengung des Hundes. Einige Tierbesitzer beobachteten auch eine Verschlechterung bei Wetterumschwüngen und größeren Belastungen, zum Beispiel bei Sprüngen über Hindernisse oder aus dem Auto. Ein Tierbesitzer gab an, dass es durch eine Gewichtsreduktion zu einer Besserung einer leichten Lahmheit bis hin zur Lahmheitsfreiheit gekommen sei.

## **4 Postoperative Behandlung**

Nach der operativen Versorgung wurde den Besitzern die Ruhighaltung des Patienten und/oder eine antiphlogistische bzw. Schmerztherapie angeraten. In 73% der Fälle gelang eine gute Ruhigstellung der Tiere. 2% der Hunde konnte nur mittelmäßig und 25% nicht gut ruhiggehalten werden.

35 Besitzer gaben an, dass die Tiere postoperativ Antiphlogistika bzw. Schmerzmittel erhalten haben.

Es ergaben sich jedoch keine Hinweise, dass die Ruhighaltung der Patienten durch die Verabreichung von Schmerzmitteln beeinflusst wurde.

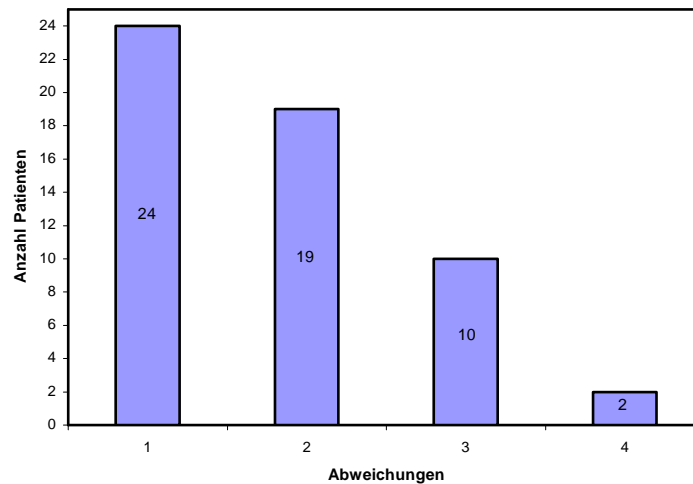
## **5 Klinische Ergebnisse**

### **5.1 Klinische Lahmheitsuntersuchung**

Bei 78,5% der Patienten wurden die Schultergliedmaßen als nicht oder nur geringgradig verändert beurteilt. 64% der Patienten zeigten keine Lahmheit.

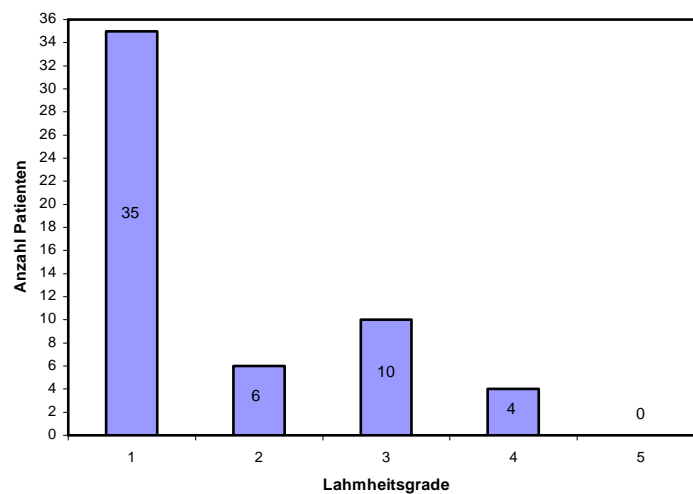
Die Grundlage für diese Einteilung bildete das im Material und Methodenteil beschriebene Beurteilungsschema (*Kapitel IV.1.1.1.*).

Die Ergebnisse der klinischen Lahmheitsuntersuchung der operierten Gliedmaße in der Ruhe und Bewegung sind in den folgenden Diagrammen dargestellt:



*Abb. 13: Klinische Beurteilung der Abweichung durch Adspektion und Palpation in Ruhe.*

x-Achse: Abweichungen, 1 = keine, 2 = geringgradig, 3 = mittelgradig, 4 = hochgradig,  
Y-Achse: Anzahl der Patienten.



*Abb. 14: Klinische Beurteilung der Lahmheitsgrade durch Adspektion in der Bewegung.*

x-Achse: Lahmheitsgrade, 1 = keine, 2 = undeutlich geringgradig, 3 = deutlich geringgradig, 4 = mittelgradig, 5 = hochgradig, Y-Achse: Anzahl der Patienten.

Von den sechs undeutlich geringgradigen Lahmheiten waren vier auf die operierte Gliedmaße zurückzuführen. Zwei der sechs Patienten zeigten eine beidseitig wechselnde Lahmheit der Schultergliedmaßen.

Unter den zehn deutlich geringgradig lahmen Tieren waren fünf auf der operierten Seite und zwei wechselseitig lahm, unter den mittelgradig lahmen Tieren drei auf der operierten Seite und einer wechselseitig. In Tabelle 12 sind die Lahmheitsbeurteilungen zum Kontrollzeitpunkt in Bezug auf die operierte Gliedmaße zusammengefasst:

<b>Anzahl Lahmheiten</b>	<b>undeutlich geringgradig</b>	<b>deutlich geringgradig</b>	<b>mittelgradig</b>
<b>insgesamt festgestellte Lahmheiten</b>	6	10	4
<b>operierte Gliedmaße</b>	4	5	3
<b>vorher beidseitig wechselnde Lahmheiten</b>	2	2	1

*Tab. 12: Lahmheitsbeurteilung.*

Die klinische Untersuchung und die Lahmheitsuntersuchung in Bezug auf die operierte Gliedmaße wurden zusammenfassend wie folgt beurteilt:

- gut:**
- keine LH in allen Gangarten
  - korrekte Fußung
  - keine deutlichen palpatorischen Abweichungen, keine Schmerzhaftigkeit
- zufriedenstellend:**
- merkliche Verbesserung der LH im Vergleich zum präoperativen Befund
  - teilweises Auftreten milder Lahmheiten
  - geringgradige palpatorische Befunde
- nicht zufriedenstellend:**
- unveränderte LH
  - deutliche palpatorische Befunde
  - teilweise Schmerzhaftigkeit

Die Anwendung des oben dargestellten Beurteilungsschemas ergibt bei 32 Patienten (58%) ein gutes, bei 12 Patienten (22%) ein zufriedenstellendes und bei 11 Patienten (20%) ein unzufriedenstellendes Ergebnis.

## 5.2 Goniometrie

Die Gelenkwinkel konnten bis auf bei drei Hunden, einem Golden Retriever, einem deutschen Boxer und einem Mischling, bei allen Patienten mittels Goniometer gemessen werden. Die Messwerte sind in Abhängigkeit von der Gelenkart in den folgenden Tabellen aufgelistet:

Rasse	Anzahl Gelenke	Standwinkel	Extension	Flexion	Bewegungsradius
Golden Retriever	8	119,8 (110 – 128)	155,6 (145 – 160)	64,4 (50 – 90)	91,3 (60 – 110)
Labrador Retriever	10	118,2 (110 – 125)	142 (120 – 155)	51,8 (40 – 60)	90,2 (60 – 110)
Rottweiler	10	114 (110 – 130)	145 (110 – 165)	54,5 (45 – 70)	90,5 (50 – 120)
Mischling (Rasse unbekannt)	8	116,3 (105 – 130)	152,5 (135 – 160)	58,2 (50 – 70)	94,4 (85 – 135)
Berner Sennenhund	8	119 (110 – 130)	143,8 (135 – 150)	55,6 (40 – 70)	88,1 (70 – 110)
Englische Bulldogge	6	112,2 (100 – 125)	150	54,2 (50 – 60)	95,8 (90 – 100)
Deutscher Schäferhund	4	117,5 (115 – 120)	133,8 (130 – 140)	60 (50 – 70)	73,8 (60 – 90)
Labrador-Mischling	4	115,75 (108 – 125)	155 (140 – 170)	50 (55 – 60)	100 (80 – 115)
Schäferhund-Mischling	4	125 (120 – 130)	157,5 (150 – 160)	50 (40 – 60)	107,5 (100 – 120)
Riesenschnauzer	4	120	145 (140 – 150)	55 (50 – 60)	90
American Staffordshire Terrier	2	125	150	50	100
Australian Cattle Dog	2	115	155	55 (50 – 60)	100 (95 – 105)
Australian Shepherd	2	120	160	55 (50 – 60)	105 (100 – 110)
Beagle	2	120	147,5 (145 – 150)	45	102,5 (100 – 105)
Belgischer Schäferhund	2	132,5 (130 – 135)	170	40	130
Bernhardiner-Mischling	2	127,5 (125 – 130)	157,5 (155 – 160)	57,5 (55 – 60)	100
Boerboel	2	115	145 (140 – 150)	84 (80 – 88)	61 (60 – 62)
Boxer-Mischling	2	127,5 (125 – 130)	155	60	95
Briard	2	105	150	44 (43 – 45)	106 (105 – 107)
Collie	2	120	150	45	105
Dalmatiner	2	139,5 (139 – 140)	175	50	125
Großer Münsterländer	2	135 (130 – 140)	132,5 (130 – 135)	54 (53 – 55)	78,5 (75 – 82)
Husky-Mischling	2	120	160	60	100
Kleiner Münsterländer	2	120	150	60	90
Mittelschnauzer	2	110	150	45	105
Rottweiler-Mischling	2	120	140	55	85
Wachtel	2	120	150	45	105
Wolfsspitz-Mischling	2	130	150	50	100

Tab. 13: Mittelwerte der Winkel der **Schultergelenke**.

In Klammern gesetzt sind minimale und maximale Werte.



Rasse	Anzahl Gelenke	Standwinkel	Extension	Flexion	Bewegungsradius
Golden Retriever	8	151 (143 – 160)	168,1 (165 – 170)	47,3 (30 – 70)	120,9 (100 – 135)
Labrador Retriever	10	148,9 (140 – 165)	172,2 (155 – 192)	42,9 (38 – 68)	129,3 (105 – 145)
Rottweiler	10	140,5 (130 – 145)	154 (150 – 160)	32,3 (20 – 40)	121,7 (105 – 130)
Mischling (Rasse unbekannt)	8	141,9 (135 – 150)	164,4 (150 – 170)	38,1 (30 – 50)	126,3 (110 – 140)
Berner Sennenhund	8	147,63 (138 – 165)	167,5 (160 – 175)	44,1 (30 – 70)	123,4 (100 – 140)
Englische Bulldogge	6	140 (130 – 150)	169,2 (130 – 170)	40,8 (35 – 45)	128,3 (125 – 130)
Deutscher Schäferhund	4	150 (140 – 160)	160 (150 – 165)	40	120 (110 – 125)
Labrador-Mischling	4	150,5 (142 – 160)	168,5 (164 – 170)	41,3 (35 – 45)	127,3 (119 – 135)
Schäferhund-Mischling	4	141,3 (130 – 150)	165 (160 – 170)	27,5 (20 – 35)	137,5 (125 – 150)
Riesenschnauzer	4	148 (145 – 152)	160 (155 – 165)	47,5 (45 – 50)	112,5 (105 – 120)
American Staffordshire Terrier	2	145	170	30	140
Australian Cattle Dog	2	155	145 (140 – 150)	45 (40 – 50)	100 (90 – 100)
Australian Shepherd	2	140	165	35	130
Beagle	2	135	162,5 (165 – 170)	20	142,5 (140 – 145)
Belgischer Schäferhund	2	155 (150 – 160)	167,5 (165 – 170)	33,5 (32 – 35)	134 (133 – 135)
Bernhardiner-Mischling	2	157,5 (150 – 165)	162,5 (160 – 165)	52,5 (50 – 55)	110
Boerboel	2	150	165	36,5 (33 – 40)	128,5 (125 – 132)
Boxer-Mischling	2	117,5 (115 – 120)	150	45	105
Briard	2	145	167,5 (165 – 170)	25	142,5 (140 – 145)
Collie	2	147,5 (145 – 150)	160	35	125
Dalmatiner	2	151,5 (150 – 153)	170	27,5 (25 – 30)	142,5 (140 – 145)
Großer Münsterländer	2	145,5 (143 – 148)	157,5 (155 – 160)	69 (68 – 70)	88,5 (85 – 92)
Husky-Mischling	2	135	165 (160 – 170)	34 (30 – 38)	131 (122 – 140)
Kleiner Münsterländer	2	150	167,5 (165 – 170)	51,5 (48 – 55)	115 (110 – 122)
Mittelschnauzer	2	145 (140 – 150)	165	35	130
Rottweiler-Mischling	2	145	166,5 (163 – 170)	41,5 (40 – 43)	125 (120 – 130)
Wachtel	2	132,5 (130 – 135)	160	45	115
Wolfspitz-Mischling	2	142,5 (140 – 145)	167,5 (165 – 170)	42,5 (40 – 45)	125

Tab. 14: Mittelwerte der Winkel der Ellbogengelenke.

In Klammern gesetzt sind minimale und maximale Werte.

Rasse	Anzahl Gelenke	Standwinkel	Extension	Flexion	Bewegungsradius
Golden Retriever	8	200 (190 – 210)	208,8 (200 – 220)	36,4 (30 – 48)	172,13 (152 – 190)
Labrador Retriever	10	188,1 (148 – 205)	203,9 (192 – 220)	38,5 (25 – 70)	165,4 (130 – 190)
Rottweiler	10	198,5 (195 – 205)	204 (195 – 210)	40,3 (30 – 55)	163,7 (150 – 175)
Mischling (Rasse unbekannt)	8	197,5 (190 – 200)	205 (200 – 210)	35,6 (35 – 40)	169,4 (160 – 175)
Berner Sennenhund	8	200,6 (195 – 205)	205,6 (200 – 210)	36,9 (20 – 50)	168,8 (160 – 185)
Englische Bulldogge	6	204,7 (192 – 215)	210 (200 – 220)	43,3 (30 – 60)	166,7 (150 – 175)
Deutscher Schäferhund	4	202,5 (200 – 205)	210	37,5 (35 – 40)	172,5 (170 – 175)
Labrador-Mischling	4	197,5 (190 – 200)	201,25 (200 – 205)	38,8 (30 – 45)	162,5 (160 – 170)
Schäferhund-Mischling	4	195 (190 – 200)	205 (200 – 210)	27,5 (20 – 35)	177,5 (165 – 190)
Riesenschnauzer	4	201,8 (195 – 210)	210	46,3 (35 – 50)	163,8 (160 – 175)
American Staffordshire Terrier	2	195	210	50	160
Australian Cattle dog	2	195	207,5 (200 – 215)	32,5 (30 – 35)	175 (165 – 185)
Australian Shepherd	2	200	202,5 (200 – 205)	30	172,5 (170 – 175)
Beagle	2	200	202,5 (200 – 205)	35	167,5 (165 – 170)
Belgischer Schäferhund	2	197,5 (195 – 200)	205 (200 – 210)	20	185 (180 – 190)
Bernhardiner-Mischling	2	195	210	30	180
Boerboel	2	190	200	36,5 (35 – 38)	163,5 (162 – 165)
Boxer-Mischling	2	202,5 (200 – 205)	210	35	175
Briard	2	195	200	27,5 (20 – 35)	172,5 (165 – 180)
Collie	2	207,5 (205 – 210)	210	37,5 (35 – 40)	172,5 (170 – 175)
Dalmatiner	2	200	207,5 (205 – 210)	30	177,5 (175 – 180)
Großer Münsterländer	2	207,5 (205 – 210)	210	30	180
Husky-Mischling	2	190	195	35 (30 – 40)	160 (155 – 165)
Kleiner Münsterländer	2	197,5 (190 – 205)	210	49,5 (32 – 35)	176,5 (175 – 178)
Mittelschnauzer	2	192,5 (190 – 195)	197,5 (195 – 200)	45	152,5 (150 – 155)
Rottweiler-Mischling	2	195	197,5 (195 – 200)	45	152,5 (150 – 155)
Wachtel	2	207,5 (200 – 215)	220	35	185
Wolfsspitz-Mischling	2	205	210	20	190

Tab. 15: Mittelwerte der Winkel der **Karpalgelenke**.

In Klammern gesetzt sind minimale und maximale Werte.

### 5.3 *Bewegungsradius Ellbogengelenk*

Bei 52 Patienten wurden die Gelenkwinkel der Schultergliedmaßen bestimmt. Anschließend wurde der Bewegungsradius des operierten Gelenkes mit dem nicht operierten Ellbogengelenk verglichen. 21 Patienten zeigten dabei eine Bewegungseinschränkung auf der operierten Seite und acht Patienten eine Einschränkung auf der nicht operierten Seite. Bei den übrigen 23 Hunden konnte kein Seitenunterschied in Bezug auf die Beweglichkeit festgestellt werden.

Die Einschränkung der ROM betrug bei den operierten Ellbogengelenken durchschnittlich  $10^\circ$ , mit einem Minimalwert von  $2^\circ$  und einem Maximalwert von  $25^\circ$ . Im Gegensatz dazu wiesen die nicht operierten Gelenke einen Durchschnitt von  $8,75^\circ$  auf, mit einem Minimum von  $3^\circ$  und einem Maximum von  $18^\circ$ .

### 5.4 *Ganganalytische Untersuchung*

37 Patientenbesitzer stimmten einer ganganalytischen Untersuchung zu. In dieser Gruppe waren 28 Untersuchungen vollständig und vier lediglich eingeschränkt auswertbar.

In zwei Fällen waren nur geeignete Schritte der Schultergliedmaßen vorhanden, in zwei weiteren Fällen konnte keine kinematische Untersuchung erfolgen.

Die übrigen Hunde liefen widerwillig oder verweigerten das Laufen vollständig, so dass keine geeigneten Messdaten erzielt werden konnten.

#### 5.4.1 *Kinetik*

Aus den Messungen der vertikalen Bodenreaktionskräfte können die unten aufgelisteten Parameter berechnet werden. Hierzu zählen:

**a) *Standphase:*** Zeit, in der die Pfote einer Gliedmaße die Kraftmessplatte unter dem Laufband berührt.

**b) *Impuls:*** Vergleich der einzelnen Extremitäten anteilig zum Gesamtimpuls.

**c) *Gewichtsverteilung:*** Gewichtsübernahme durch die einzelnen Gliedmaßen.

**d) *Anstieg:*** Prozentwert der Gliedmaßenführung während der Bewegung.

Anhand der Zahlen können die einzelnen Gliedmaßen untereinander verglichen werden.

Für die kinetische Auswertung wurden zunächst 32 Ganganalysen herangezogen. Später zeigte sich jedoch, dass nur 30 zur weiteren Berechnung verwendet werden konnten. Bei den beiden nicht verwendbaren Ganganalysen waren keine aussagekräftigen Daten der Beckengliedmaßen vorhanden.

21 der 30 Laufbandanalysen stammten von einseitig am Ellbogengelenk operierten Patienten. Neun Patienten wurden beidseitig am Ellbogengelenk operiert.

In den folgenden zwei Tabellen sind die vertikalen Bodenreaktionskräfte aller vier Gliedmaßen für ein- und beidseitig operierte Patienten wiedergegeben:

<b>21 Patienten</b>	<b>Standphase (% Gesamtschritt)</b>	<b>Impuls (% Gesamtimpuls)</b>	<b>Gewichts- verteilung (%)</b>	<b>Anstieg (%KGW/sec.)</b>
<b>operierte Schultergliedmaße</b>	<b>0,749 ± 0,021</b>	<b>0,301 ± 0,030</b>	<b>0,298 ± 0,026</b>	<b>1,699 ± 0,505</b>
<b>kontralaterale Schultergliedmaße</b>	<b>0,749 ± 0,030</b>	<b>0,296 ± 0,027</b>	<b>0,298 ± 0,025</b>	<b>1,840 ± 0,400</b>
<b>ipsilaterale Beckengliedmaße</b>	<b>0,724 ± 0,030</b>	<b>0,203 ± 0,026</b>	<b>0,201 ± 0,024</b>	<b>1,743 ± 0,505</b>
<b>diagonale Beckengliedmaße</b>	<b>0,722 ± 0,018</b>	<b>0,200 ± 0,025</b>	<b>0,202 ± 0,025</b>	<b>1,789 ± 0,523</b>

*Tab. 16: Einseitig am Ellbogengelenk operierte Patienten.  
Mittelwert ± Standardabweichung.*

<b>9 Patienten</b>	<b>Standphase (% Gesamtschritt)</b>	<b>Impuls (% Gesamtimpuls)</b>	<b>Gewichts- verteilung (%)</b>	<b>Anstieg (%KGW/sec.)</b>
<b>rechte Schultergliedmaße (operiert)</b>	<b>0,774 ± 0,042</b>	<b>0,304 ± 0,023</b>	<b>0,299 ± 0,018</b>	<b>1,999 ± 0,375</b>
<b>linke Schultergliedmaße (operiert)</b>	<b>0,766 ± 0,031</b>	<b>0,290 ± 0,046</b>	<b>0,297 ± 0,031</b>	<b>1,763 ± 0,412</b>
<b>rechte Beckengliedmaße</b>	<b>0,757 ± 0,035</b>	<b>0,201 ± 0,021</b>	<b>0,203 ± 0,030</b>	<b>1,832 ± 0,632</b>
<b>linke Beckengliedmaße</b>	<b>0,760 ± 0,054</b>	<b>0,201 ± 0,024</b>	<b>0,200 ± 0,018</b>	<b>1,924 ± 0,881</b>

*Tab. 17: Beidseitig am Ellbogengelenk operierte Patienten.  
Mittelwert ± Standardabweichung.*

#### 5.4.2 Kinematik

Die kinematische Untersuchung lässt eine Aussage über Flexion und Extension der Gelenke während der natürlichen Bewegung zu. Mithilfe der SimiMotion® Software erfolgte bei 28 Patienten eine Bestimmung der Gelenkwinkel der Schulterextremitäten.

Die ermittelte range of motion (ROM) gibt den Bewegungsumfang zwischen Flexion und Extension in Grad an. Zusätzlich können die Werte graphisch als Kurven dargestellt werden.

Einschränkung ROM	Anzahl Patienten	Mittelwert	Minimalwert	Maximalwert
operierte Seite	11	7,6°	0,02°	18,21°
nicht operierte Seite	10	3,7°	0,92°	8,71°
bds. operiert	7	--	--	--
Summe	28			

Tab. 18: Übersicht ROM Ellbogen.

#### Zusammenfassung der Rohdaten der einzelnen Patienten (Winkelangaben in Grad):

Rasse	Anzahl Patienten	Mittelwert, Standard-abweichung	Schulter Max.		Schulter Min.		Schulter ROM		Schulter Differenz ROM
			links	rechts	links	rechts	links	rechts	
<b>Berner Sennenhund</b>	<b>4</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>148,3</b>	<b>152,5</b>	<b>106,7</b>	<b>112,9</b>	<b>41,6</b>	<b>39,6</b>	<b>10,6</b>
		SD	11,8	6,4	12,9	9,6	15,6	9,8	5,8
<b>Golden Retriever</b>	<b>4</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>142,2</b>	<b>144,1</b>	<b>112,2</b>	<b>114,3</b>	<b>30,0</b>	<b>29,9</b>	<b>2,6</b>
		SD	2,0	11,5	5,7	11,8	3,7	5,4	1,3
<b>Labrador Retriever</b>	<b>3</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>146,7</b>	<b>138,6</b>	<b>109,3</b>	<b>105,8</b>	<b>37,4</b>	<b>32,7</b>	<b>6,0</b>
		SD	20,2	4,9	5,6	4,2	14,9	7,6	6,6
<b>Englische Bulldogge</b>	<b>2</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>135,8</b>	<b>141,4</b>	<b>107,8</b>	<b>112,1</b>	<b>28,0</b>	<b>29,3</b>	<b>2,0</b>
		SD	15,1	10,8	10,3	8,8	4,8	2,0	1,9
<b>Mischling</b>	<b>2</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>130,0</b>	<b>135,4</b>	<b>102,4</b>	<b>108,8</b>	<b>27,7</b>	<b>26,6</b>	<b>2,9</b>
		SD	11,7	15,9	5,5	5,5	17,3	21,4	1,5
<b>Rottweiler</b>	<b>2</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>140,3</b>	<b>136,6</b>	<b>107,3</b>	<b>108,5</b>	<b>33,0</b>	<b>28,1</b>	<b>4,9</b>
		SD	4,5	9,0	0,1	0,2	4,6	8,8	4,2
<b>Schäferhund-Mischling</b>	<b>2</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>140,6</b>	<b>135,8</b>	<b>117,2</b>	<b>113,3</b>	<b>23,5</b>	<b>22,5</b>	<b>2,0</b>
		SD	9,2	11,3	6,8	16,5	2,4	5,2	1,5
<b>Beagle</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>152,6</b>	<b>136,9</b>	<b>117,2</b>	<b>101,5</b>	<b>35,4</b>	<b>35,4</b>	<b>0,0</b>
<b>Boxer-Mischling</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>138,2</b>	<b>146,4</b>	<b>94,6</b>	<b>107,8</b>	<b>43,6</b>	<b>38,6</b>	<b>5,0</b>
<b>Dalmatiner</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>160,5</b>	<b>153,4</b>	<b>119,5</b>	<b>121,2</b>	<b>41,0</b>	<b>32,2</b>	<b>8,8</b>
<b>Husky-Mischling</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>143,5</b>	<b>132,7</b>	<b>120,3</b>	<b>110,1</b>	<b>23,2</b>	<b>22,6</b>	<b>0,6</b>
<b>Kl. Münsterländer</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>148,3</b>	<b>147,7</b>	<b>125,9</b>	<b>119,2</b>	<b>22,4</b>	<b>28,5</b>	<b>6,1</b>
<b>Riesenschnauzer</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>139,1</b>	<b>138,8</b>	<b>104,4</b>	<b>99,2</b>	<b>34,7</b>	<b>39,7</b>	<b>4,9</b>
<b>Rottweiler-Mischling</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>143,9</b>	<b>129,7</b>	<b>117,1</b>	<b>102,5</b>	<b>26,8</b>	<b>27,2</b>	<b>0,4</b>
<b>Wachtel</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>150,2</b>	<b>142,9</b>	<b>108,4</b>	<b>110,0</b>	<b>41,9</b>	<b>32,8</b>	<b>9,0</b>
<b>Wolfspitz-Mischling</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>165,6</b>	<b>116,0</b>	<b>113,5</b>	<b>85,9</b>	<b>52,1</b>	<b>30,1</b>	<b>22,0</b>

Tab. 19: Rohdaten der einzelnen Patienten - **Schulter**. (SD = Standardabweichung)

Rasse	Anzahl Patienten	Mittelwert, Standard-abweichung	Ellbogen Max.		Ellbogen Min.		Ellbogen ROM		Ellbogen Differenz ROM
			links	rechts	links	rechts	links	rechts	
<b>Berner Sennenhund</b>	<b>4</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>155,2</b>	<b>157,8</b>	<b>90,9</b>	<b>97,7</b>	<b>64,3</b>	<b>60,1</b>	<b>5,8</b>
		SD	13,7	15,4	14,1	5,5	16,2	17,3	5,1
<b>Golden Retriever</b>	<b>4</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>151,6</b>	<b>152,5</b>	<b>88,9</b>	<b>88,0</b>	<b>62,6</b>	<b>64,5</b>	<b>3,7</b>
		SD	15,4	10,2	19,0	13,2	4,0	8,1	5,1
<b>Labrador Retriever</b>	<b>3</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>159,6</b>	<b>159,8</b>	<b>103,4</b>	<b>99,3</b>	<b>56,2</b>	<b>60,5</b>	<b>6,2</b>
		SD	5,9	5,3	8,8	8,4	3,0	5,9	5,1
<b>Englische Bulldogge</b>	<b>2</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>159,2</b>	<b>152,1</b>	<b>97,8</b>	<b>93,2</b>	<b>61,4</b>	<b>58,9</b>	<b>6,5</b>
		SD	1,3	14,1	13,6	19,8	14,9	5,7	3,5
<b>Mischling</b>	<b>2</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>150,2</b>	<b>160,5</b>	<b>90,7</b>	<b>95,9</b>	<b>59,4</b>	<b>64,6</b>	<b>7,1</b>
		SD	10,4	18,3	0,0	18,0	10,4	0,3	7,3
<b>Rottweiler</b>	<b>2</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>157,3</b>	<b>148,7</b>	<b>92,1</b>	<b>88,8</b>	<b>65,2</b>	<b>59,9</b>	<b>5,3</b>
		SD	9,6	0,7	14,9	3,6	5,3	3,0	2,3
<b>Schäferhund-Mischling</b>	<b>2</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>143,9</b>	<b>147,6</b>	<b>85,4</b>	<b>87,6</b>	<b>58,5</b>	<b>59,9</b>	<b>3,3</b>
		SD	16,6	13,0	2,4	3,5	14,2	9,5	2,0
<b>Beagle</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>139,1</b>	<b>133,4</b>	<b>74,6</b>	<b>72,1</b>	<b>64,5</b>	<b>61,4</b>	<b>3,2</b>
<b>Boxer-Mischling</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>153,0</b>	<b>140,9</b>	<b>72,9</b>	<b>67,3</b>	<b>80,1</b>	<b>73,6</b>	<b>6,5</b>
<b>Dalmatiner</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>150,4</b>	<b>159,2</b>	<b>98,1</b>	<b>88,7</b>	<b>52,3</b>	<b>70,5</b>	<b>18,2</b>
<b>Husky-Mischling</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>151,0</b>	<b>137,6</b>	<b>77,2</b>	<b>73,5</b>	<b>73,8</b>	<b>64,1</b>	<b>9,8</b>
<b>Kl. Münsterländer</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>156,7</b>	<b>160,0</b>	<b>115,6</b>	<b>114,2</b>	<b>41,1</b>	<b>45,8</b>	<b>4,8</b>
<b>Riesenschnauzer</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>152,9</b>	<b>159,5</b>	<b>89,2</b>	<b>101,1</b>	<b>63,7</b>	<b>58,4</b>	<b>5,3</b>
<b>Rottweiler-Mischling</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>158,7</b>	<b>160,6</b>	<b>104,7</b>	<b>110,9</b>	<b>54,0</b>	<b>49,7</b>	<b>4,3</b>
<b>Wachtel</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>161,0</b>	<b>160,4</b>	<b>80,3</b>	<b>86,6</b>	<b>80,7</b>	<b>73,8</b>	<b>6,9</b>
<b>Wolfspitz-Mischling</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>176,8</b>	<b>146,3</b>	<b>107,2</b>	<b>73,1</b>	<b>69,6</b>	<b>73,1</b>	<b>3,5</b>

Tab. 20: Rohdaten der einzelnen Patienten - **Ellbogen**. (SD = Standardabweichung)

Rasse	Anzahl Patienten	Mittelwert, Standard-abweichung	Ellbogen Max.		Ellbogen Min.		Ellbogen ROM		Ellbogen Differenz ROM
			links	rechts	links	rechts	links	rechts	
<b>Berner Sennenhund</b>	<b>4</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>215,1</b>	<b>217,6</b>	<b>118,2</b>	<b>120,4</b>	<b>96,9</b>	<b>97,2</b>	<b>9,5</b>
		SD	16,6	19,3	6,2	18,9	12,9	7,0	8,4
<b>Golden Retriever</b>	<b>4</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>209,3</b>	<b>212,5</b>	<b>101,0</b>	<b>107,1</b>	<b>108,3</b>	<b>105,4</b>	<b>7,2</b>
		SD	11,5	7,9	24,7	11,4	17,1	8,3	8,3
<b>Labrador Retriever</b>	<b>3</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>205,5</b>	<b>209,0</b>	<b>114,8</b>	<b>120,7</b>	<b>90,8</b>	<b>88,3</b>	<b>4,9</b>
		SD	10,7	14,9	16,7	5,2	20,0	12,6	5,3
<b>Englische Bulldogge</b>	<b>2</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>209,1</b>	<b>211,7</b>	<b>116,2</b>	<b>122,3</b>	<b>92,9</b>	<b>89,3</b>	<b>3,6</b>
		SD	10,9	11,7	29,7	30,7	18,8	18,9	0,1
<b>Mischling</b>	<b>2</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>199,9</b>	<b>204,0</b>	<b>119,3</b>	<b>122,5</b>	<b>80,5</b>	<b>81,5</b>	<b>17,8</b>
		SD	6,7	11,7	22,9	7,3	29,6	4,4	1,4
<b>Rottweiler</b>	<b>2</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>209,0</b>	<b>211,6</b>	<b>107,6</b>	<b>102,0</b>	<b>101,4</b>	<b>109,6</b>	<b>8,2</b>
		SD	16,2	5,2	0,4	15,2	15,9	9,9	5,9
<b>Schäferhund-Mischling</b>	<b>2</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>184,7</b>	<b>198,2</b>	<b>106,9</b>	<b>110,9</b>	<b>77,8</b>	<b>87,3</b>	<b>9,5</b>
		SD	14,9	2,8	1,5	11,6	16,4	14,4	2,0
<b>Beagle</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>196,4</b>	<b>193,4</b>	<b>117,3</b>	<b>108,2</b>	<b>79,1</b>	<b>85,2</b>	<b>6,1</b>
<b>Boxer-Mischling</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>209,7</b>	<b>205,3</b>	<b>80,9</b>	<b>75,3</b>	<b>128,8</b>	<b>130,0</b>	<b>1,3</b>
<b>Dalmatiner</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>194,8</b>	<b>194,7</b>	<b>119,3</b>	<b>112,4</b>	<b>75,6</b>	<b>82,3</b>	<b>6,8</b>
<b>Husky-Mischling</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>230,5</b>	<b>216,9</b>	<b>138,4</b>	<b>117,9</b>	<b>92,1</b>	<b>99,0</b>	<b>6,9</b>
<b>Kl. Münsterländer</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>192,6</b>	<b>200,4</b>	<b>130,0</b>	<b>126,0</b>	<b>62,5</b>	<b>74,4</b>	<b>11,9</b>
<b>Riesenschnauzer</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>204,4</b>	<b>216,6</b>	<b>120,9</b>	<b>122,4</b>	<b>83,6</b>	<b>94,2</b>	<b>10,6</b>
<b>Rottweiler-Mischling</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>191,7</b>	<b>196,2</b>	<b>138,1</b>	<b>132,8</b>	<b>53,6</b>	<b>63,4</b>	<b>9,8</b>
<b>Wachtel</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>181,8</b>	<b>200,4</b>	<b>116,0</b>	<b>99,9</b>	<b>65,8</b>	<b>100,6</b>	<b>34,8</b>
<b>Wolfspitz-Mischling</b>	<b>1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>197,3</b>	<b>200,9</b>	<b>147,4</b>	<b>104,7</b>	<b>49,9</b>	<b>96,2</b>	<b>46,3</b>

Tab. 21: Rohdaten der einzelnen Patienten - **Karpus**. (SD = Standardabweichung)

#### 5.4.3 Vergleich Ergebnisse Ganganalyse – klinische Lahmheitsbeurteilung

Insgesamt wurden 37 computerisierte Ganganalysen durchgeführt. Davon lieferten 32 Analysen auswertbare Daten.

Die klinische Lahmheitsuntersuchung ergab bei 35 von 55 Patienten (64%) keine Hinweise auf eine vorhandene Lahmheit. 25 von 32 Patienten (78%) wurden ganganalytisch als lahmheitsfrei beurteilt. In 20 Fällen stimmte dieser Befund mit den Ergebnissen der klinischen Untersuchung überein. Zwei Patienten zeigten ganganalytisch und klinisch eine undeutlich geringgradige Lahmheit.

Einer der Hunde wies im Gegensatz zur unauffälligen Laufbanduntersuchung klinisch eine deutlich geringgradige Lahmheit auf. Bei den beiden eingeschränkt auswertbaren Patienten konnten die Schultergliedmaßen nur kinetisch ausgewertet werden. Dabei stimmte die Laufbandanalyse einmal mit dem Befund „ohne Lahmheit“ überein und einmal differierte sie. In diesem Fall war klinisch eine deutlich geringgradige Lahmheit erkennbar, jedoch lag ganganalytisch kein Hinweis auf eine Lahmheit vor.

Bei zwei Patienten wurden auf dem Laufband geringgradige Veränderungen der operierten Schulterextremität und der ipsilateralen Beckengliedmaße festgestellt. Einer dieser Patienten war klinisch lahmheitsfrei, einer undeutlich geringgradig lahm.

Jeweils einmal traten gemeinsam mit einer klinisch deutlich geringgradigen Lahmheit ganganalytische Veränderungen der operierten Gliedmaße und Veränderungen aller vier Gliedmaßen gemeinsam auf.

Eine auf dem Laufband gering auffällige Veränderung einer nicht operierten Schultergliedmaße konnte klinisch nicht bestätigt werden. Das Tier ging lahmheitsfrei.

Sieben der neun Patienten, die beidseitig am Ellbogengelenk operiert wurden, konnten ganganalytisch als lahmheitsfrei bewertet werden. Bei 6 Patienten stimmte dieses Ergebnis mit der klinischen Befundung überein, in einem Fall wurde klinisch eine undeutlich geringgradige Lahmheit diagnostiziert. Ein Hund zeigte bei der Ganganalyse geringgradige Veränderungen im Bereich der Schultergliedmaßen, er wurde deshalb nicht als eindeutig lahmheitsfrei eingestuft. Klinisch wurde er jedoch mit dem Lahmheitsgrad 0 (keine LH) bewertet.

Bei einem Patient fielen klinisch eine deutlich geringgradige Lahmheit und ganganalytische Veränderungen auf. Diese bezogen sich auf die 4 beschriebenen Parameter, Standphase, Impuls, Gewichtsverteilung und Anstieg. Sie waren alle jeweils auf derselben Seite erniedrigt bzw. erhöht.

### **5.5 Bildgebende Verfahren**

Um die Entwicklung der degenerativen Veränderungen im Ellbogengelenk nachzuverfolgen, wurde allen Ellbogen anhand der ARTH-Methode ein Arthrosegrad zugeordnet. Zur Beurteilung wurden die präoperativ vorhandenen Röntgenbilder und die eigenen Aufnahmen ausgewertet.

Die Gradeinteilung anhand der Röntgenbilder berücksichtigt keine Primärläsionen, da bei einer vorhandenen Läsion automatisch eine Einstufung in Grad 3 erfolgen müsste. Bei der Auswertung der postoperativen Röntgenbilder wäre infolge dessen keine weitergehende Differenzierung mehr möglich.



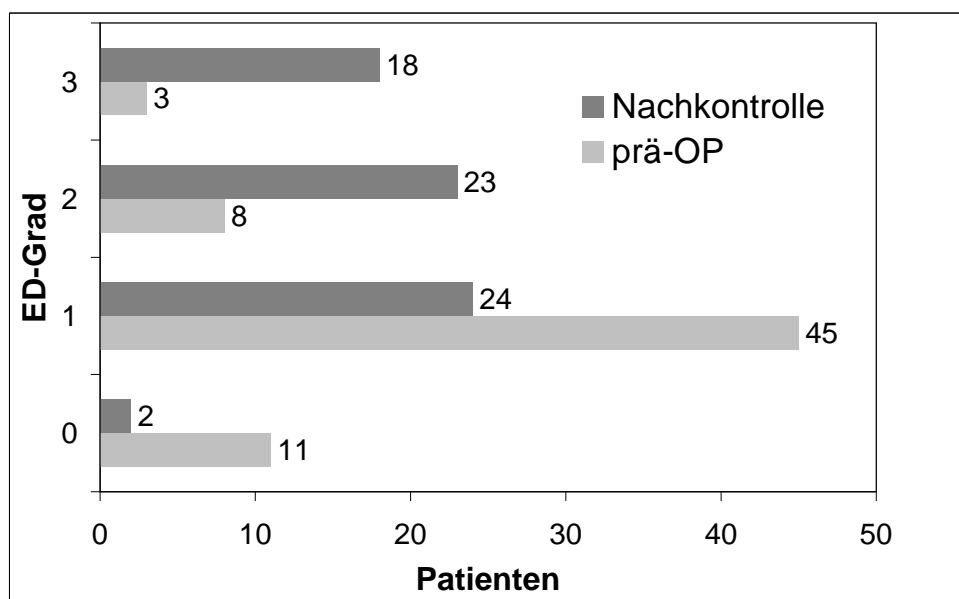


Abb. 15: Vergleich der Gradientwicklung präoperativ – Nachkontrolle.

Operierte Seite und beidseits operierte Ellbogengelenke.

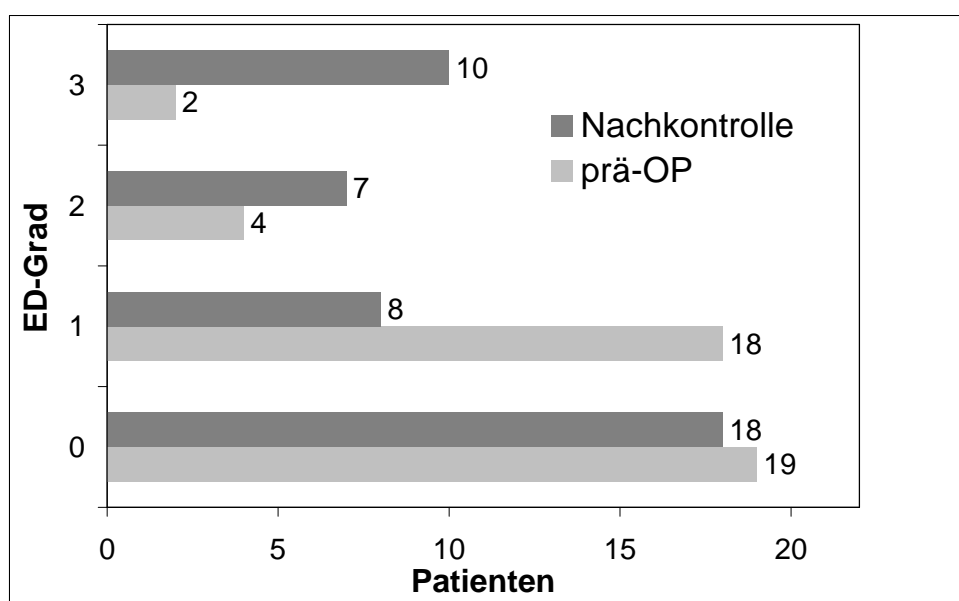


Abb. 16: Vergleich der Gradientwicklung präoperativ – Nachkontrolle.

Nicht operierte Seite (Anzahl geringer, da beidseitig operierte oben mitgezählt).

Um einen eventuellen Arthrose-Anstieg zu berechnen, wurden bei 12 Patienten, bei denen jeweils beide Ellbogengelenke operiert wurden, die vor der Operation erhaltenen Werte direkt mit dem Kontrollzeitpunkt verglichen. Da bei einem Patienten beide Gliedmaßen zum gleichen Zeitpunkt operiert wurden, enthält die Gruppe der nicht operierten Gliedmaßen 2 Gelenke weniger.

Die Ergebnisse stellen sich wie folgt dar:

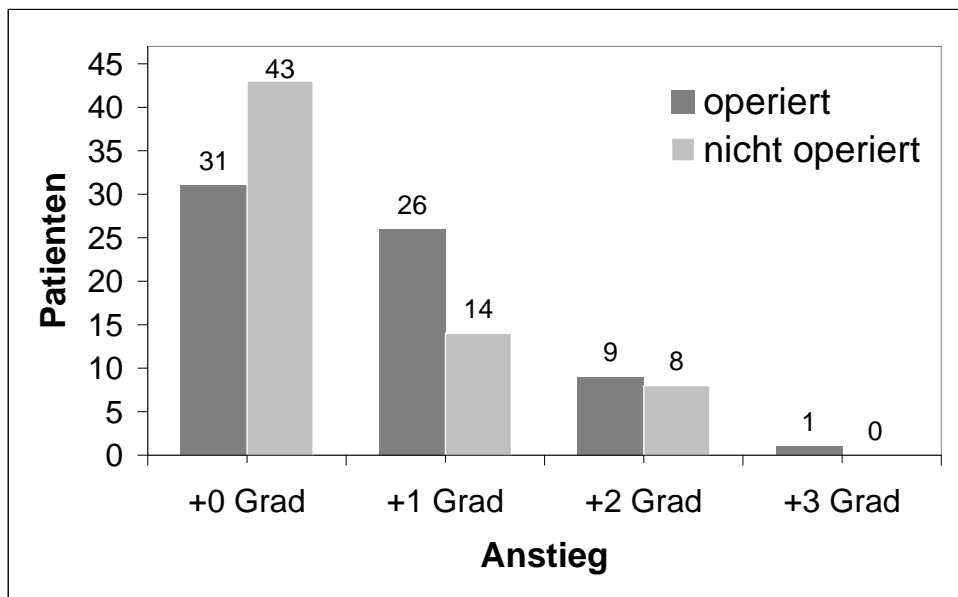


Abb. 17: Arthroseanstieg – operierte und nichtoperierte Gliedmaßen.

Im vorliegenden Patientengut konnte auf den Kontrollröntgenbildern der operierten Ellbogengelenke in 31 Fällen kein Anstieg des Arthrosegrades im Vergleich zu den präoperativen Röntgenaufnahmen festgestellt werden. Bei 26 Ellbogengelenken stieg der Arthrosegrad um 1 Grad, bei 9 Gelenken um 2 Grad und bei einem Gelenk um 3 Grad.

11 Ellbogengelenke zeigten zu Beginn keine arthrotischen Hinweise, 45 Gelenke zeigten geringgradige, 8 mittelgradige und 3 Gelenke hochgradige Veränderungen. Korreliert man den Arthroseanstieg präoperativ mit der klinischen Beurteilung, erhält man folgendes Ergebnis:

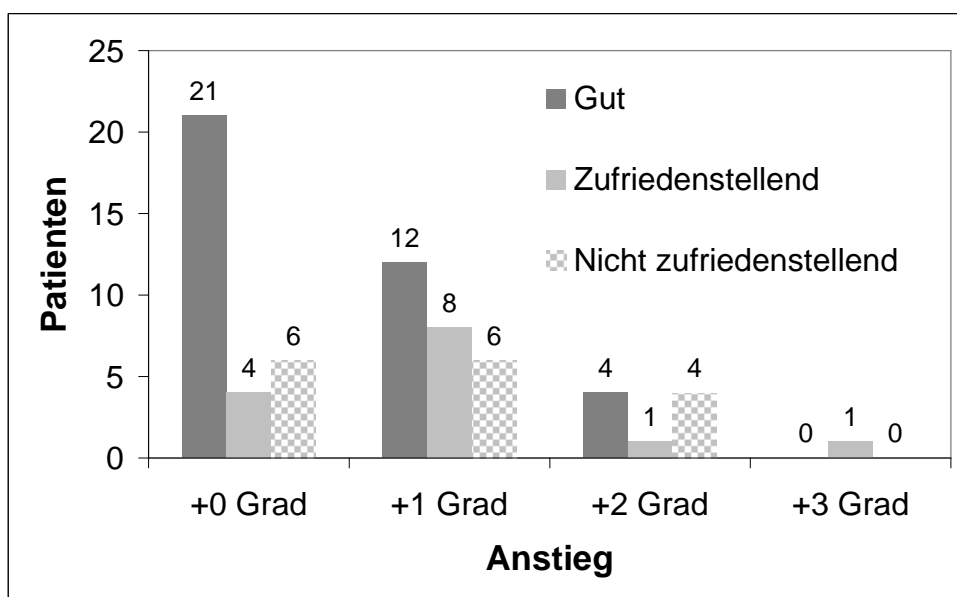


Abb. 18: Arthroseanstieg – präoperative und klinische Beurteilung.

Zum Zeitpunkt der Nachkontrolle gab es zwei 2 Ellbogengelenke ohne Veränderungen. 24 Gelenke zeigten eine geringgradige Arthrose, 23 Gelenke mittelgradige und 18 Gelenke hochgradige degenerative Veränderungen. Unter den Röntgenaufnahmen, der in Bezug auf das funktionelle Ergebnis als gut beurteilten Schultergliedmaßen, wurde bei 21 Ellbogengelenken kein Arthroseanstieg festgestellt. 12 Aufnahmen zeigten einen Anstieg um 1 Grad und 4 Aufnahmen um 2 Grad.

Bei den funktionell als zufriedenstellend bewerteten Ellbogen zeigte sich bei 4 Gelenken kein Anstieg des Arthrosegrades, bei 8 Gelenken ein Anstieg um 1 Grad und bei je einem Gelenk ein Anstieg um 2 bzw. 3 Grad. Die als nicht zufriedenstellend beurteilten Ellbogengelenke zeigten bei sechs Patienten keinen Anstieg des Arthrosegrades und bei einem Patienten einen Anstieg um 1 Grad. Bei 4 Gelenken stieg der Arthrosegrad um 2 Grad.

#### 5.5.1 Befund/ Diagnose/ Röntgenbilder

Erste Hinweise auf eine Erkrankung im Ellbogengelenk liefern arthrotische Veränderungen wie eine Sklerosierung im kaudodistalen Bereich der *Incisura trochlearis ulnae* und Auflagerungen an der Dorsalkante des *Processus anconaeus*. Präoperativ und bei der Nachkontrolle wurden alle Ellbogengelenke der 55 Patienten in mindestens 2 Ebenen geröntgt. Die dabei erstellten Befunde sind in Abbildung 19 ersichtlich:

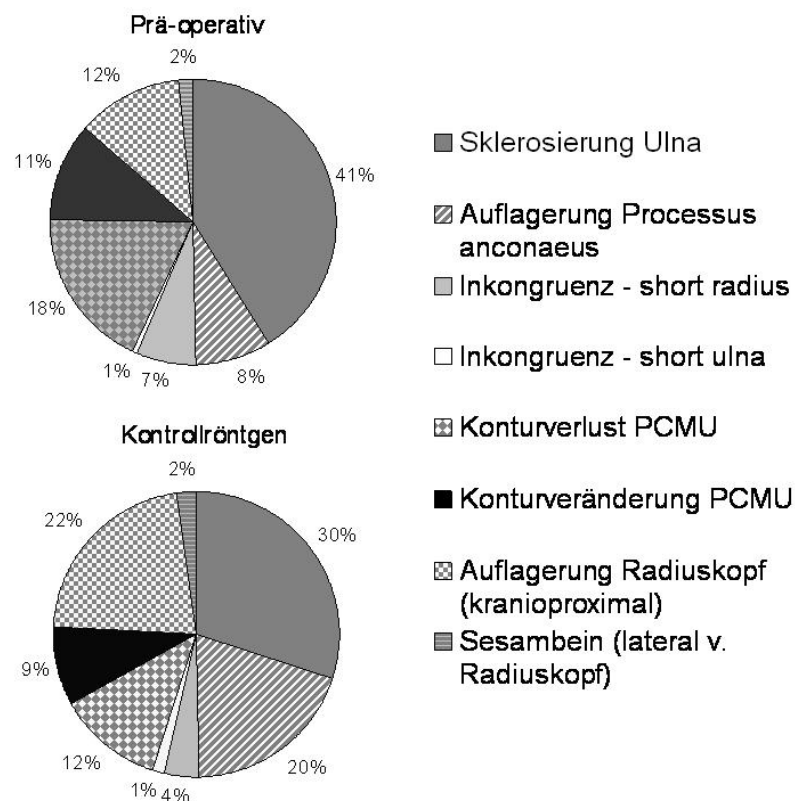


Abb. 19: Vergleich der Häufigkeit der Befunde präoperativ – Nachkontrolle.

### 5.5.2 Ergebnisse der Szintigraphie

Insgesamt wurden 27 Szintigraphien ausgewertet. Davon konnten 26 Fälle einer Erkrankung des Ellbogengelenkes zugeordnet werden. In einem Fall war keine klare Zuordnung zwischen Ellbogen- und Karpalgelenk möglich. Zusätzlich waren auffällige Mehranreicherungen in folgenden Bereichen festzustellen: Zehengrundgelenke (4-mal), Krallen (2-mal), *Prämolar* im Oberkiefer (1-mal) und *Incisivus* im Unterkiefer (1-mal).

Die Quantifizierung der ROI und die optische Auswertung der Szintigramme ergab bei 10 Patienten eine vermutete Lahmheitsursache im Bereich des Ellbogengelenkes, jedoch ohne spezifische Zuordnung zu einer anatomischen Struktur.

Eine Veränderung im Bereich des *Processus coronoideus medialis ulnae* wurde in insgesamt 15 Fällen diagnostiziert. In einem Fall war eine vermehrte Anreicherung auf die Bereiche des *Epicondylus medialis humeri* bzw. die *Trochlea humeri* einer Seite beschränkt.

<b>szintigraphischer Hauptverdacht</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Übereinstimmungen*</b>	<b>Kommentar</b>
<b>FPCMU links</b>	6	4	kontralaterale Seite operiert
<b>FPCMU rechts</b>	5	4	kontralaterale Seite operiert
<b>FPCMU bds.</b>	3		nur einseitig operiert
<b>Ellbogen links</b>	5	5	
<b>Ellbogen rechts</b>	4	4	
<b>Ellbogen bds.</b>	2	2	
<b>Epicondylus medialis/ Trochlea humeri links</b>	1	1	links an dtl. verändertem PCMU operiert
<b>unklar/ Ellbogen – Karpus rechts</b>	1	1	rechter Ellbogen operiert

Tab. 22: Szintigrammbeurteilungen.

\*Je nach klinischer Symptomatik wurde im Einzelfall entschieden, welche Seite akut operativ versorgt werden sollte. Die Übereinstimmung gibt jene Anzahl der Fälle wieder, in denen das in der Szintigraphie verdächtige Ellbogengelenk anschließend operativ versorgt wurde.

Aus dem Szintigramm wurde die Zählratendichte pro Bildpunkt ermittelt. Diese spiegelt das prozentuale Anreicherungsverhalten wieder.

Der Seitenunterschied gibt an, um wie viel Prozent es auf der einen Seite zu einer stärkeren Anreicherung kam als auf der anderen. In der folgenden Tabelle sind die durchschnittlich ermittelten Seitenunterschiede des vorliegenden Patientengutes aufgelistet:

	<b>durchschnittliche Seitendifferenz (%)</b>	<b>kleinste Differenz (%)</b>	<b>größte Differenz (%)</b>
<b>Schultergelenk</b>	11	2	21
<b>Ellbogengelenk</b>	34	2	125
<b>Karpalgelenk</b>	30	2	200

Tab. 23: Durchschnittlich ermittelte Seitenunterschiede.

### 5.5.3 Computertomographie

Die Auswertung der Computertomographien erfolgte entsprechend des in Kapitel 2.2 dargestellten Schemas. In allen Fällen wurde die Diagnosestellung zur Vereinheitlichung anhand der Transversalschnitte durchgeführt. Dabei ergaben sich die in Tabelle 24 dargestellten Ergebnisse:

<b>Grad der Veränderung</b>	<b>Ellbogengelenke gesamt (n = 110)</b>	<b>Ellbogengelenke gesamt (%)</b>	<b>operierte Ellbogengelenke (n = 67)</b>	<b>operierte Ellbogengelenke (%)</b>
<b>0</b>	21	<b>19</b>	3	<b>4,5</b>
<b>1</b>	11	<b>10</b>	5	<b>7,5</b>
<b>2</b>	29	<b>26</b>	22	<b>33</b>
<b>3</b>	22	<b>20</b>	21	<b>31</b>
<b>4</b>	27	<b>25</b>	16	<b>24</b>

Tab. 24: Computertomographische Beurteilung der untersuchten Ellbogengelenke.

0: frei von Veränderungen; 1: geringgradige degenerative Veränderungen, keine Aufhellungen/ keine Sklerose, keine Fissur/ kein Fragment; 2: degenerative Veränderungen, Aufhellungen/ Sklerose, keine oder nur undeutliche Fissur/ kein Fragment; 3: deutliche Veränderungen, deutliche Fissur, kein freies Fragment; 4: deutliche Veränderungen, deutliches Fragment, disloziertes Fragment.

In 4 Fällen konnte aufgrund starker arthrotischer Veränderungen des Gelenkspaltes nicht beurteilt werden, ob eine Inkongruenz des Gelenkes vorlag. Für 2 Fälle konnten zusätzlich sagittale Schnitte ausgewertet werden. Dies ermöglichte die Feststellung einer radioulnaren Inkongruenz. Dabei handelte es sich einmal um eine Inkongruenz im Sinne eines Short-Radius-Syndroms und einmal um ein Short-Ulna-Syndrom. Bei 3 von einer OCD-Läsion betroffenen Ellbogengelenken sowie dem einen Fall einer IOHC lagen dorsal rekonstruierte Schnittbilder vor, die die Läsionen deutlich machten.

Tabelle 25 stellt eine Zusammenfassung aller Ergebnisse dar.

Rasse	KGW (kg)	A (J)	A KO (J)	LH-Dauer präoperativ (W)	LH GR präoperativ	LH GR KO	Szinti- graphie	Ellbogen- gelenk	OP Befund	Klin. ER & LH GR KO
<b>Rottweiler</b>	43	5,9	8,0	12	2, VR	0	FPCMU bds.	R	dtl. Fissur	2
<b>DSH</b>	35	0,9	5,7	12	3, VR	0	-	R	dtl. Fragment	2
<b>Schäferhund- Mischling</b>	18,2	2,6	3,6	8	2, VL	0	Ellbogen L	L	dtl. Fissur	2
<b>Wolfsspitz- Mischling</b>	21,2	4,9	11,6	24	1, VL 1, VR	2	FPCMU L	bds.	bds. dtl. Fissur	4
<b>Australian Shepherd</b>	28	1,3	2,6	32	2, VL	2	-	R	PCMU verändert	4
<b>Englische Bulldogge</b>	23	1,0	3,7	4	2, VL	0	-	L	dtl. Fissur	2
<b>BSH</b>	39	4,6	7,2	14	2-3, VR	1	-	R	keine Angabe	3
<b>Labrador</b>	38	4,1	8,1	20	2, VR	0	-	R	dtl. Fragment	3
<b>American Staffordshire</b>	18	5,4	5,8	40	3, VL	3	Ellbogen L	L	dtl. FPCMU	4
<b>Bernhardiner- Mischling</b>	38	0,5	6,3	16	1, VR 2, VR	1	-	bds.	FPCMU	4

Tab. 25: Zusammenfassung aller Ergebnisse (Teil 1).

Verwendete Abkürzungen: R = Rechts, L = Links, 2 = gut, 3 = zufriedenstellend, 4 = nicht zufriedenstellend, LH = Lahmheit, GR = Grad, A = Alter, KGW = Körpergewicht, OP = Operation; KO = Kontrolluntersuchung, ER = Ergebnis.

Rasse	KGW (kg)	A (J)	A KO (J)	LH-Dauer präoperativ (W)	LH GR präoperativ	LH GR KO	Szinti- graphie	Ellbogen- gelenk	OP Befund	Klein. ER & LH GR KO
Schäferhund- Mischling	27	6,4	8,1	96	1, keine Seitenangabe	0	-	L	Chondromalazie Osteophyten	2
Rottweiler	42	5,4	9,9	3	2, VR	1	FPCMU bds. dtl. dargestellt, V.a. Ellbogen	R	dtl. Fragment	3
Kleiner Münsterländer	30	3,6	7,4	1	2-3, VR	0	-	R	IPA, 2 abgesprengte Teile PCMU	3
Mischling	30	1,3	6,9	8	3, VR	1	Ellbogen L	L	dtl. loses Fragment	3
Wachtel	20	4,7	6,4	2	3, VL 3, VR	0	-	bds.	li. IOHC – verschraubt, re. FPCMU	2
Briard	42	6,4	8,4	48	2, VR 2, VL	0	-	bds.	dtl. Fissur re., li. Gelenkfläche arthr. verändert	3
Labrador	36,5	2,7	5,3	8	2, VL	0	-	L	FPCMU	2
Golden Retriever	41	7,9	9,0	mehrere Jahre	3, VR	2	FPCMU R	R	keine Fissur erkennbar	3
Großer Münsterländer	32,9	7,5	9,9	3	2, VL	0	-	L	dtl. großes Fragment	2

Tab. 25: Zusammenfassung aller Ergebnisse (Teil 2).

Verwendete Abkürzungen: R = Rechts, L = Links, 2 = gut, 3 = zufriedenstellend, 4 = nicht zufriedenstellend, LH = Lahmheit, GR = Grad, A = Alter, KGW = Körpergewicht, OP = Operation; KO = Kontrolluntersuchung, ER = Ergebnis.

Rasse	KGW (kg)	A (J)	A KO (J)	LH-Dauer präoperativ (W)	LH GR präoperativ	LH GR KO	Szinti- graphie	Ellbogen- gelenk	OP Befund	Klin. ER & LH GR KO
<b>Boxer-Mischling</b>	46	0,6	3,0	32	2, VL	2	-	L	li. IPA li. Spitze des PCMU verändert	4
<b>Golden Retriever</b>	34	0,4	4,4	4	2-3 VL	0	-	L	FPCMU und kissing lesions/ OCD	2
<b>Mischling</b>	27	1,3	4,3	12	3, VR	0	FPCMU bds.	R	dtl. Fragment	2
<b>Beagle Harrie</b>	19	2,2	3,5	2	1, VL	0	-	BS	bds. dtl. Fissur	2
<b>Labrador</b>	32	0,5	1,8	4	1, VR	0	-	R	dtl. Fragment	2
<b>Collie</b>	20	7,7	8,5	12	2-3, VR	3	FPCMU L	R	dtl. Fragment	4
<b>Riesenschnauzer</b>	35	8,5	10,7	24	2, VR	0	Ellbogen R	R	dtl. Fragment	2
<b>Deutscher Boxer</b>	28	1,6	6,6	12	2, VR	0	-	R	dtl. loses Fragment	2
<b>BSH</b>	40	2,0	4,5	3	2, VL 2, VR	1	-	bds.	großes Fragment li. 2 Corpora libera	3
<b>Mittelschnauzer</b>	20	3,6	6,3	12	1, VL	0	PCMU L verdächtig	L	dtl. Fissur	2

Tab. 25: Zusammenfassung aller Ergebnisse (Teil 3).

Verwendete Abkürzungen: R = Rechts, L = Links, 2 = gut, 3 = zufriedenstellend, 4 = nicht zufriedenstellend, LH = Lahmheit, GR = Grad, A = Alter, KGW = Körpergewicht, OP = Operation; KO = Kontrolluntersuchung, ER = Ergebnis.



Rasse	KGW (kg)	A (J)	A KO (J)	LH-Dauer präoperativ (W)	LH GR präoperativ	LH GR KO	Szinti- graphie	Ellbogen- gelenk	OP Befund	Klin. ER & LH GR KO
<b>DSH</b>	45	8,1	10,8	4	2, VR	3	Ellbogen R	R	Corpus librum, Eburnisierung PCMU	4
<b>Englische Bulldogge</b>	27	2,6	4,4	6	2, VL	0	Ellbogen L	L	keine dtl. Veränderungen	2
<b>Dalmatiner</b>	24	6,5	8,8	24	2, VL	0	FPCMU L	L	dtl. FPCMU	2
<b>Rottweiler- Mischling</b>	38	2,8	4,2	8	2, VR	0	FPCMU R	R	dtl. Fissur	2
<b>Boerboel</b>	54	1,2	3,0	8	2-3, VL	0	Ellbogen L	L	ggr. Absprengung und Knorpelusus	2
<b>Mischling</b>	51,2	2,2	4,3	8	2-3, VL	0	FPCMU L/ BS	L	dtl. Fissur	2
<b>Belgischer Schäferhund</b>	34,9	2,8	3,7	12	1, VR	0	Ellbogen R	bds.	bds. dtl. Fissur	2
<b>Labrador</b>	25	0,8	3,2	3	2-3, VL	0	-	L	kleines Corpus librum	2
<b>Mischling</b>	28	2,3	4,4	30	2-3, VR	0	-	R	dtl. Fissur	2
<b>Englische Bulldogge</b>	18	0,5	1,8	3	keine Angabe	0	-	R	dtl. loses Fragment	2

Tab. 25: Zusammenfassung aller Ergebnisse (Teil 4).

Verwendete Abkürzungen: R = Rechts, L = Links, 2 = gut, 3 = zufriedenstellend, 4 = nicht zufriedenstellend, LH = Lahmheit, GR = Grad, A = Alter, KGW = Körpergewicht, OP = Operation; KO = Kontrolluntersuchung, ER = Ergebnis.

Rasse	KGW (kg)	A (J)	A KO (J)	LH-Dauer präoperativ (W)	LH GR präoperativ	LH GR KO	Szinti- graphie	Ellbogen- gelenk	OP Befund	Klin. ER & LH GR KO
<b>Rottweiler</b>	61	3,4	5,6	3	3, VR	0	Ellbogen R	R	dtl. Fissur, Knorpelusionen	2
<b>Australian Cattledog</b>	19	5,6	11,0	24	1, VR	2	FPCMU R	R	großes loses Fragment	4
<b>Golden Retriever</b>	39,5	0,5	3,1	12	1 vorne wechselseitig	0	-	BS	bds. PCMU intakt, Glättung der Stufen, rechts dynamisierende Ulnaosteotomie	2
<b>Labrador- Mischling</b>	38,5	7,9	8,7	48	keine Angabe	0	Ellbogen R	R	Aufrauung PCMU	2
<b>Rottweiler</b>	53	2,9	6,4	keine Angabe	keine Angabe	2	FPCMU R	R	keine Angabe	3
<b>Golden Retriever</b>	35	0,5	7,2	3	2-3, VR	1	-	R	FPCMU	3
<b>Riesenschnauzer</b>	45	1,5	4,5	1	3, VR	0	-	R	dtl. Fissur	2
<b>Golden Retriever</b>	35	1,0	3,4	10	3, VL	0	-	L	dtl. Fissur	2
<b>Golden Retriever</b>	32	2,8	8,0	16	1-2 VR	0	-	bds.	dtl. Fragment	2

Tab. 25: Zusammenfassung aller Ergebnisse (Teil 5).

Verwendete Abkürzungen: R = Rechts, L = Links, 2 = gut, 3 = zufriedenstellend, 4 = nicht zufriedenstellend, LH = Lahmheit, GR = Grad, A = Alter, KGW = Körpergewicht, OP = Operation; KO = Kontrolluntersuchung, ER = Ergebnis.

Rasse	KGW (kg)	A (J)	A KO (J)	LH-Dauer präoperativ (W)	LH GR präoperativ	LH GR KO	Szinti- graphie	Ellbogen- gelenk	OP Befund	Klin. ER & LH GR KO
Labrador	30	0,6	5,8	4	2, VR und VL	2	-	bds.	bds. OCD	4
BSH	45	2,0	5,1	8	3, VR	2	-	R	lockerer PCMU	3
Mischling	29	1,7	7,0	16	2-3, VL	2	FPCMU L	L	dtl. loses Fragment	3
Labradormix	33	1,2	2,0	4	keine Angabe	3	Ellbogen BS	bds.	bds. FPCMU	4
BSH	51	2,3	5,1	48	1, VL	0	Epicondylus med./ Trochlea humeri L	L	dtl. Veränderungen	2
Rottweiler	49,5	4,1	8,3	4	2, VR 2, VL	0	FPCMU R	BS	dtl. FPCMU	2
Husky-Mischling	25	1,7	8,2	16	2, VR	2	Ellbogen/ Karpus	R	arthrotisch verändert	4

Tab. 25: Zusammenfassung aller Ergebnisse (Teil 6).

Verwendete Abkürzungen: R = Rechts, L = Links, 2 = gut, 3 = zufriedenstellend, 4 = nicht zufriedenstellend, LH = Lahmheit, GR = Grad, A = Alter, KGW = Körpergewicht, OP = Operation; KO = Kontrolluntersuchung, ER = Ergebnis.

## **VI. DISKUSSION**

### **1 Patientendaten**

Im Rahmen dieser Studie wurden Hunde ausgewählt, die eine auf das Ellbogengelenk zurückzuführende Lahmheit aufwiesen. Diese musste röntgenologisch und computertomographisch diagnostiziert und anschließend operativ therapiert worden sein. Zusätzlich wurde nach Hunden gesucht, die vor der Operation szintigraphisch untersucht wurden.

Als Patientengut waren alle Hunde angedacht, die von Anfang 1999 bis Ende 2006 in der Chirurgischen Tierklinik der LMU wegen einer Lahmheit des Ellbogengelenkes vorgestellt und therapiert worden waren. Die Anzahl der nachuntersuchten Hunde war jedoch aufgrund mangelnder Bereitschaft einiger Tierbesitzer ihr Tier nochmals vorzustellen deutlich geringer. Die dafür angeführten Gründe waren wie folgt:

- Anfahrtsweg für Nachkontrolle im Rahmen einer klinischen Studie zu weit, v.a. bei Hunden, die keine Lahmheitssymptome zeigten
- Unzufriedenheit mit vorausgegangener Behandlung bzw. Behandlungsergebnis
- Hund in Zwischenzeit von weiterer Erkrankung betroffen bzw. verstorben

Für die Erfolgskontrolle einer therapeutischen Maßnahme wäre es sehr wichtig gewesen, gerade die Gruppe der unzufriedenen Tierbesitzer mit einzuschließen, um eine Verfälschung der Ergebnisse in Richtung guter Erfolge zu vermeiden.

Am Ende konnten 55 Hunden gefunden werden, die den Kriterien entsprachen und deren Besitzer mit einer Nachuntersuchung einverstanden waren. 37 Besitzer konnten zudem vom Nutzen einer computerisierten Ganganalyse überzeugt werden.

Möglichst umfangreiche Informationen für die Tierbesitzer und der Hinweis darauf, dass die Ergebnisse einer klinischen Studie für die restliche Hundepopulation Vorteile erbringen könnten, könnten in Zukunft zu mehr Verständnis beitragen und die Besitzer von der Wichtigkeit klinischer Nachkontrollen überzeugen.

### **2 Anamnестische Daten**

#### **2.1 Rasse**

Die ED betrifft häufig große schnellwüchsige Hunderassen (Boulay 1998; Sjöström 1998; Cook 2001). Dies kann durch die hier untersuchte Patientenpopulation ebenfalls bestätigt werden. Das Körpergewicht betrug bei 42% der Hunde 18 – 30 kg, bei 45% der Hunde 31 – 45 kg und 13% zeigten ein noch höheres Körpergewicht von 46 – 61 kg.

Die Rasseverteilung entspricht auch den für die ED prädisponierten Hunderassen (Olsson 1983; Guthrie 1989; Beuing et al. 2000; Cook 2001; Lafond et al. 2002; Flückiger 2005; Meyer-Lindenberg et al. 2006a): Dazu zählen Golden Retriever, Labrador Retriever, Rottweiler, Berner Sennenhunde und Deutsche Schäferhunde.

Zudem waren großwüchsige Mischlinge und Mischlinge aus den oben beschriebenen Rassen häufig in der untersuchten Patientengruppe. Die restlichen Patienten gehörten unterschiedlichsten Rassen an, vom Riesenschnauzer über Bernhardiner-Mischling bis hin zum Beagle. Das Vorkommen der ED bei so vielen unterschiedlichen Hunderassen könnte durch die Beliebtheithäufigkeit der Rassen in bestimmten Regionen zu erklären sein. Die Trends in der Hundehaltung spielen bei der ED, die als eine der häufigsten genetisch bedingten Erkrankungen gilt (Flückiger 2005; Janutta et al. 2006; Gemmill und Clements 2007), eine entscheidende Rolle.

## **2.2    *Geschlecht***

Im untersuchten Patientengut war die Geschlechterverteilung (Berzon und Quick 1980; Boudrieau et al. 1983; Guthrie 1989; Grøndalen 1996; Beuing et al. 2000; Cook 2001) nicht so deutlich in Richtung der männlichen Tiere verschoben, wie in der Literatur angegeben. Der Anteil an Rüden betrug 53%, davon waren 21% kastriert. Von den 47% Hündinnen waren 61% kastriert. Da die ED eine entwicklungsbedingte Erkrankung darstellt, die meist schon mit einem ½ Jahr ihre Ausprägung findet, kann an dieser Stelle keine Aussage über den Einfluss einer Kastration auf die Erkrankung des Ellbogengelenkes gemacht werden.

## **2.3    *Alter***

Bei der Erstvorstellung in der Chirurgischen Tierklinik waren nur 10 der 55 Patienten jünger als 12 Monate. 11 Patienten waren 1 – 2 Jahre und 13 Patienten 2 – 3 Jahre alt. Der Rest war älter als 3 Jahre. Obwohl die ED als Entwicklungsstörung schon beim jungen Tier auftritt, stehen diese Werte nicht im Widerspruch zur Literatur, da es darauf ankommt, wann vom Tierbesitzer eine Lahmheit erkannt bzw. ein Tierarzt aufgesucht wird. Ein frühestmöglicher Zeitpunkt für den Therapiebeginn der ED wird von den meisten Autoren als entscheidend für einen guten Erfolg angesehen (Tirgari 1980; Guthrie et al. 1992a; Brunberg und Allgoewer 1996; Flo 1998; Bardet 2006). Allerdings ist dies unter praktischen Bedingungen nicht immer möglich.

## **2.4    *Lahmheitsverlauf***

Bis die Lahmheit dem Besitzer deutlich auffällt sind meist schon einige Monate vergangen. Manchmal liegt auch nur eine intermittierende Lahmheit vor oder es werden konservative Behandlungsversuche unternommen. Relativ häufig werden die betroffenen Hunde deshalb erst in einem fortgeschrittenen Stadium der Erkrankung in einer Tierklinik vorgestellt. Dies muss bei der Beurteilung der Erfolgskontrollen berücksichtigt werden.

Die Erkrankungsformen der ED betreffen nach Literaturangaben häufig die Ellbogengelenke beider Vordergliedmaßen (Berzon und Quick 1980; Boudrieau et al. 1983; Guthrie 1989; Grøndalen 1996; Beuing et al. 2000; Cook 2001). Unter den untersuchten Tieren dieser Studie wurden 22% beidseitig operativ versorgt. Es soll an dieser Stelle aber vorweggenommen werden, dass die bildgebenden Verfahren häufig Veränderungen auf beiden Seiten der Ellbogen ergaben. Auf die speziellen Ergebnisse dieser Verfahren wird zu einem späteren Zeitpunkt genauer eingegangen.

Die Aussage, dass häufig beide Schultergliedmaßen von der ED betroffen sind, kann demnach unterstützt werden. Dennoch scheint es so, dass der Schweregrad der Veränderungen teilweise auf einer Seite stärker ausgeprägt ist und so eine einseitige Operation zu einer Verbesserung der Lahmheit führen kann.

Es wurden aber auch Fälle festgestellt, bei denen nach der Operation einer Gliedmaße eine deutliche Lahmheitsumkehr auf die andere Gliedmaßen Seite erfolgte.

Der Großteil der Patientenbesitzer (80%) war mit dem Ergebnis der operativen Therapie zufrieden. 11% beurteilten den Erfolg als mittelmäßig und 7% waren unzufrieden. Die eigenen Ergebnisse aus der klinischen Untersuchung und Lahmheitsbeurteilung zeigten davon geringe Abweichungen. So waren 58% mit einem guten Ergebnis, 22% mit zufriedenstellend und 20% mit unzufriedenstellend beurteilt worden. Die Diskrepanz kann zum einen auf die Struktur des Fragebogens und die Zufriedenheit der Tierbesitzer mit dem gesamten Behandlungsablauf, zum anderen auf die genauere Bewertung von für den Tierbesitzer weniger relevanten Veränderungen zurückgeführt werden.

Die Ergebnisse der operativen Therapie der ED werden häufig als wenig erfolgreich bewertet. Dies beruht nicht nur auf der klinischen Beurteilung, sondern auch auf dem Fortschreiten der degenerativen Veränderungen im Gelenk. Die Erfolgsaussichten durch ein chirurgisches Vorgehen können durch den Vergleich mit konservativ behandelten Hunden in mancher Hinsicht in Frage gestellt werden (Gemmill und Clements 2007). Allerdings kann beim Nachweis eines isolierten *Processus anconaeus* oder eines fragmentierten *Processus coronoideus* die operative Entfernung allein schon gerechtfertigt sein, um den Reiz aus dem betroffenen Gelenk zu nehmen (Boudrieau et al. 1983; Gutbrod und Festl 1999; Meyer-Lindenberg et al. 1999). So kann zumindest versucht werden, einer stärkeren Arthroseentwicklung vorzubeugen.

12 von 55 Tierbesitzern ließen eine beidseitige operative Versorgung bei ihrem Hund vornehmen. Dies zeigt die Akzeptanz und in gewisser Weise auch den Erfolg der chirurgischen Intervention.

Da in der vorliegenden Arbeit jedoch keine Kontrollgruppe mit konservativ behandelten Tieren vorgesehen war, kann kein Vergleich zwischen konservativem und operativem Vorgehen geführt werden.

### **3 Diagnostik und Therapie**

#### **3.1 Therapieerfolg**

Die Beurteilung der operativen Therapie der ED ist genauso komplex wie die Erkrankung selbst. Präoperativ müssen vor allem der Lahmheits- und Arthrosegrad, aber auch das Alter des Tieres und die Lahmheitsdauer berücksichtigt werden.

Die Operation eines FPCMU in einem Alter von 4 – 6 Monaten verspricht eine bessere Prognose in Bezug auf die funktionelle und „röntgenologische“ Wiederherstellung. Mit zunehmendem Alter steigen auch die vorhandenen Arthrosen und die Heilungsrate nimmt ab (Brunnberg und Allgoewer 1996). Allerdings kann auch trotz einer fortgeschrittenen Arthrose nach der chirurgischen Entfernung des FPCMU wieder ein normaler Gang erreicht werden (Theyse und Hazewinkel 2000).

Hunde mit einer präoperativ längeren Lahmheitsdauer scheinen auch nach der Therapie häufiger zu lahmen. Allerdings ist auch der Lahmheitsgrad entscheidend, so wurde bei jungen Hunden die wegen eines FPCMU nur geringgradig lahmten festgestellt, dass sie in Relation weniger von einer Operation profitierten als solche Tiere mit mittel- bis hochgradiger Lahmheit (Read et al. 1990).

#### **3.2 Diagnostik**

Wichtig für die Beurteilung der Ergebnisse ist auch die präoperative Genauigkeit der Diagnostik (Read et al. 1996). Wird zum Beispiel das Auftreten einer Inkongruenz als mögliche Ursache für eine Erkrankung im Ellbogengelenk übersehen und nur ein FPCMU therapiert, kann das Ergebnis schlechter ausfallen (Ness 1998). Das gleichzeitige Auftreten eines FPCMU und einer OCD ist weit bekannt (Meyer-Lindenberg et al. 2006a) und sollte bei der Diagnose nicht übersehen werden. Bei einem gleichzeitigen Auftreten eines IPA und eines FPCMU, was weniger häufig dokumentiert ist (Meyer-Lindenberg et al. 2006a), ist es, durch die Veränderungen die der IPA im Gelenk bedingt, häufig schwer, die auf den sekundären Anzeichen beruhende Verdachtsdiagnose FPCMU zu stellen.

Das Übersehen einer zweiten Läsion im Gelenk und dadurch bedingte schlechtere Therapieergebnisse können durch eine umfangreiche Diagnostik vermindert werden. Natürlich kann auch mit einem geeigneten operativen Zugang beispielsweise der PCMU und der Processus anconaeus aufgesucht und inspiziert werden. Allerdings erleichtern Anwendungen wie die Computertomographie die Übersicht über das gesamte Gelenk und so auch die geeignete Auswahl des operativen Zuganges.

## 4 Operationstechniken

Der Zugang zum Ellbogengelenk spielt eine entscheidende Rolle. Müssen mehrere Strukturen gleichzeitig während der Arthrotomie inspiziert werden, steigt der operative Aufwand. Die Invasivität und eventuelle Verletzungen anderer Strukturen, wie zum Beispiel der Seitenbänder, müssen bei einer späteren Lahmheitskontrolle beachtet werden (Braden et al. 1994; Lozier 2006).

### 4.1 *Mediale Arthrotomie*

In der vorliegenden Arbeit stammten die Operationsberichte retrospektiv aus den Patientenakten. Zudem wurden die Eingriffe von wechselnden Operateuren durchgeführt. Die Routine des Chirurgen ist vor allem hinsichtlich einer eventuellen Beeinträchtigung umliegender Strukturen von entscheidender Bedeutung für den Behandlungserfolg. Interessant wäre in diesem Zusammenhang eine prospektive Studie, bei der der genaue Operationsverlauf dokumentiert werden kann.

Bei den vorliegenden Fällen eines FPCMU wurde immer ein medialer Zugang zum Ellbogengelenk gewählt.

Von den kontrollierten Patienten dieser Arbeit hatten 89% einen FPCMU. In allen diesen Fällen erfolgte eine Arthrotomie und die Resektion des PCMU, gegebenenfalls vorhandene Fragmente wurden entfernt. Bei einem Hund konnte trotz vorangegangener genauer Diagnostik intraoperativ keine Läsion des PCMU festgestellt werden. Er wurde beidseitig am Ellbogen arthrotomiert und dabei ersichtliche Stufen in den Gelenken etwas geglättet. Einseitig wurde eine dynamisierende Ulnaosteotomie durchgeführt.

### 4.2 *Osteotomien*

Aufgrund der häufig auftretenden Arthroseprogression trotz operativer und medikamenteller Therapie wurden verschiedene Osteotomien zur Verbesserung der Kongruenz im Ellbogengelenk entwickelt (Sjöström et al. 1995; Ness 1998; Vezzoni 2000). Osteotomien bedingen eine veränderte Gewichtsverteilung im Ellbogengelenk und werden kontrovers diskutiert (Holsworth 2004; Van Ryssen et al. 2004a; Mason et al. 2008).

Um die Notwendigkeit einer Osteotomie in Bezug auf die Kongruenz des Ellbogengelenkes abzuschätzen, werden geeignete diagnostische Verfahren benötigt. Im eigenen Patientengut konnten röntgenologisch in einigen Fällen Anhaltspunkte einer radioulnaren oder humeroulnaren Inkongruenz festgestellt werden. Nach eigenen Erfahrungen ist die Beurteilung anhand sagittaler Computertomographie-Schnitte allerdings eindeutiger möglich. Für nachträgliche Rekonstruktionen wäre eine digitale Datenspeicherung der gesamten computertomographischen Untersuchung nötig, weshalb eine sagittale Rekonstruktion im vorliegenden Patientengut meist nicht mehr möglich war.



Der Vorteil konventioneller Röntgenaufnahmen besteht darin, im Zweifelsfall den gesamten Unterarm darstellen zu können. Bei exakter Lagerung des Patienten können so die Unterarmknochen in ihrer gesamten Länge vergleichend beurteilt und ausgemessen werden. Die Computertomographie ermöglicht hingegen eine überlagerungsfreie Darstellung. Wird die sagittale Rekonstruktion möglichst genau definiert, zeigen sich radioulnare Stufen und eine formveränderte *Incisura trochlearis ulnae* deutlich.

Bei einer Therapie mittels Osteotomie sind Fehlinterpretationen in Bezug auf die verkürzten Anteile der Unterarmknochen zu vermeiden. Lozier hält die Diagnose einer Verkürzung des Radius für teilweise fehlinterpretiert. So könne der vergrößerte Abstand von Radius zu Humerus einen verkürzten Radius bei eigentlicher Verkürzung der Ulna vortäuschen (Lozier 2006). Ergebnisse die zwischen „gesunden“ und erkrankten Ellbogengelenken keine signifikanten Unterschiede in der Kongruenz des Gelenkes im Bereich des medialen *Processus coronoideus* zeigten, sprechen gegen eine generelle Versorgung einer Erkrankung der medialen Gelenkanteile mittels Ulnaosteotomie (Kramer et al. 2006).

Die proximale Ulnaosteotomie wurde als eine Methode beschrieben, die die Arthroseentstehung zwar reduzieren, aber nicht vollständig verhindern konnte, ebenso wenig wie humerale und radiale Osteotomien (Bardet 2006).

Normalerweise nimmt die proximale Gelenkfläche von Radius und Ulna das Gewicht auf. Bei einer Humerusosteotomie nimmt die Kraft auf die proximale Ulnagelenkfläche ab, um die Gefahr einer ED zu reduzieren (Fujita et al. 2003; Mason et al. 2008).

Der potentielle Nutzen der verschiedenen Osteotomien wird sicherlich Gegenstand zahlreicher weiterer Untersuchungen sein (Mason et al. 2008).

Aufgrund der möglichen Komplikationen, zum Beispiel durch ein Abkippen der Knochenanteile bei einer Ulnaosteotomie, erscheinen weitere Studien sinnvoll. Solange muss der Chirurg unter Einbeziehung der diagnostischen Ergebnisse die radioulnare Inkongruenz beurteilen und entscheiden, ob er eine Osteotomie für sinnvoll erachtet (Holsworth 2004).

Da in dieser Arbeit nur ein einziger Patient einer einseitigen Ulnaosteotomie unterzogen wurde, können keine allgemeinen Rückschlüsse auf die Vor- oder Nachteile einer Osteotomie gemacht werden.

Dieser Patient wurde an beiden Ellbogengelenken arthrotomiert. Die Nachuntersuchung zeigte gute Ergebnisse. 2,5 Jahre postoperativ zeigte der Hund keine Lahmheit mehr. Die Arthrose war in beiden Gelenken von gering- auf mittelgradig angestiegen. Dies mag daran liegen, dass die Arthrotomie an sich degenerative Gelenkveränderungen induzieren kann (Bardet 2006).

### 4.3 *Zusätzliche chirurgische Verfahren*

Als weitere Technik eignet sich die Arthroskopie zur Entfernung eines veränderten PCMU. Bardet hat zwischen der arthroskopischen und chirurgischen Exzision eines FPCMU keine wesentlichen Unterschiede festgestellt (Bardet 2004).

## 5 **Erkrankungen**

Bei den meisten Patienten dieser Studie wurde ein FPCMU als Lahmheitsursache diagnostiziert und therapiert. Nur 2-mal traten zwei Krankheitsbilder auf jeweils einer Seite eines Ellbogengelenkes gleichzeitig auf: Einmal ein FPCMU mit einem IPA und einmal ein FPCMU mit einer OCD. In einem weiteren Fall lag einseitig ein FPCMU und auf der anderen Seite eine IOHC vor. Ein Patient wies beidseits eine OCD auf.

Somit stellt der fragmentierte *Processus coronoideus medialis ulnae* in dieser Untersuchung die häufigste Veränderung des Ellbogengelenkes dar. Dies kann an der grundsätzlichen Häufigkeit des Auftretens der Erkrankung liegen. Allerdings wird diese auch durch die Auswahlkriterien im Rahmen dieser Arbeit deutlich beeinflusst.

Die Patienten sollten im Rahmen dieser Studie mindestens präoperativ computertomographisch untersucht worden sein. Dies schließt von vornherein viele Fälle eines isolierten *Processus anconaeus* aus, da in diesen Fällen meistens radiologisch eine ausreichende Diagnosestellung möglich ist.

Die computertomographische Untersuchung von Ellbogengelenken mit einem IPA wäre interessant, vor allem in Bezug auf die Kongruenz des Ellbogengelenkes, allerdings ist eine solche Untersuchung mit einer längeren Narkose und erheblichen Kosten verbunden. Sie wird deshalb meist nicht routinemäßig durchgeführt. Zur Erkennung einer OCD sind gute Röntgenbilder in geeigneten Ebenen häufig ebenfalls ausreichend.

Die IOHC stellt insgesamt eine selten beschriebene Erkrankung dar (Wisner und Konde 2002; Carrera et al. 2008), was auch ihre Seltenheit im vorliegenden Patientengut erklärt.

Der Schwerpunkt der Ergebnisse aus den eigenen Untersuchungen beruht demnach auf Erkrankungen im Bereich des *Processus coronoideus medialis ulnae*.

## 6 Klinische Daten

Um die Lahmheitsdauer vor der Operation und die postoperative Lahmheitsentwicklung in Korrelation mit den klinischen Ergebnissen setzen zu können, wurden die Tierbesitzer mittels Fragebogen gebeten entsprechende Angaben zu machen.

Gemäß Besitzerangaben wurden 82% der Hunde nach einer Lahmheitsdauer von weniger als 6 Monaten vorgestellt. Die Lahmheitsentwicklung nach der Operation wurde ebenfalls von den Tierbesitzern beurteilt. 78,2% berichteten, dass die Lahmheit sowohl in den ersten Monaten als auch etwa 1 Jahr postoperativ besser war als vor der chirurgischen Behandlung.

Bei 11 von 18 Patienten, die präoperativ nur eine vorübergehende Lahmheit zeigten, konnte postoperativ ein gutes funktionelles Ergebnis festgestellt werden. Vier Patienten zeigten eine deutliche Besserung, während das Ergebnis bei drei Patienten unzufriedenstellend war.

Unter den 17 Patienten, die 4 – 12 Wochen vor der OP eine Lahmheit aufwiesen, konnte 14-mal ein gutes, 2-mal ein zufriedenstellendes und nur 1-mal ein unzufriedenstellendes Ergebnis verzeichnet werden.

10 Patienten zeigten 3 – 6 Monate präoperativ eine Lahmheit. Davon wurden drei mit gutem funktionellen Ergebnis, drei mit zufriedenstellend und vier mit unzufriedenstellend beurteilt.

Von sieben Tieren mit einer präoperativen Lahmheitsperiode von 6 – 12 Monaten waren die Ergebnisse 3-mal gut, 1-mal zufriedenstellend und 3-mal unzufriedenstellend. Somit konnten bei den präoperativ nur bis zu 3 Monate lahmgehenden Hunden circa 61 – 82% mit gut beurteilt werden, bei den länger als 3 – 12 Monate lahmgehenden Hunden nur noch 30 – 43%.

Diese Ergebnisse entsprechen den Angaben in der Literatur, wonach mit steigender präoperativer Lahmheitsdauer die funktionelle Heilungsrate sinkt (Read et al. 1990; Brunnberg und Allgoewer 1996; Van Bree et al. 2000).

Es wäre für einen genauen Vergleich der Prozentzahlen allerdings wünschenswert, gleichgroße Patientengruppen zu je einer bestimmten Lahmheitsdauer zu untersuchen. In dieser Arbeit wäre diese Bedingung nicht zu erfüllen gewesen, da andere Kriterien im Vordergrund standen.

Insgesamt spricht das Ergebnis aber dafür, dass bei einer kürzeren Lahmheitsdauer vor der Operation bessere Erfolge erreicht werden können.

Die präoperative Ausprägung einer Arthrose stellt einen weiteren Aspekt dar, der zum funktionellen Ergebnis maßgeblich beiträgt. Daher darf man den Grad der Ausprägung bei der Beurteilung nicht außer Acht lassen. So spielen nicht nur das Alter der Tiere und die Lahmheitsdauer, sondern auch die lokalen Voraussetzungen in den erkrankten Gelenken eine entscheidende Rolle (Brunnberg und Allgoewer 1996).

## **7 Bildgebende Verfahren**

### **7.1 Röntgen und Computertomographie**

Im Rahmen der klinischen Untersuchung wurden die Schultergliedmaßen bei 78,5% der Patienten als nicht oder nur wenig verändert beurteilt. 64% der kontrollierten Tiere zeigten keine Lahmheit. Insgesamt wurde bei 58% der Patienten ein gutes funktionelles Ergebnis erzielt.

Unter den funktionell als gut beurteilten Patienten zeigten 57% keinen Arthroseanstieg, 32% einen geringgradigen Anstieg und 11% einen Anstieg um 2 Grad. 29% der als zufriedenstellend bewerteten Ellbogengelenke zeigten keinen Anstieg, während bei 57% der Patienten ein Anstieg um 1 Grad und bei je 7% ein Anstieg um jeweils 2 und 3 Grad vorlag. Bei den als unzufriedenstellend beurteilten Tieren war kein Anstieg bzw. ein Anstieg um 1 Grad bei je 37,5% erkennbar, bei 25 % ein Anstieg um 2 Grad.

Zwischen Lahmheitsgrad und röntgenologischen Veränderungen bei Hunden mit einem FPCMU fehlt häufig eine deutliche Korrelation (Read et al. 1990). Oftmals sind die Lahmheiten bei gleichzeitigem deutlichen Anstieg der degenerativen Gelenkveränderungen klinisch verbessert (Puccio et al. 2003). Eine Aussage über den Erfolg der chirurgischen Therapie kann dadurch erschwert werden. Vor der Therapie schon länger lahmgangende Hunde scheinen auch postoperativ häufiger zu lahmen. Eine Ursache könnte darin liegen, dass sich über den längeren Zeitraum schon stärkere Arthrosen entwickelt haben.

Im vorliegenden Patientengut konnte beim überwiegenden Teil der Tiere, die präoperativ keine oder nur geringgradige arthrotische Veränderungen aufwiesen, ein gutes funktionelles Ergebnis erzielt werden. Allerdings gab es auch bei den zufriedenstellenden und unzufriedenstellenden Ergebnissen nur eine geringe Anzahl an Tieren, die mittel- bis hochgradige Arthrosen aufwiesen. Die meisten Tiere wurden nach einer relativ kurzen Lahmheitsdauer und in einem durchschnittlichen Alter von 3,18 Jahren vorgestellt.

Die Tatsache, dass auch in den nicht operierten Ellbogengelenken deutliche Arthroseanstiege zu verzeichnen waren, deutet ebenfalls auf eine fehlende Korrelation zwischen Klinik und röntgenologischem Ergebnis hin.

Ohne die chirurgische Entfernung eines FPCMU wäre ein noch stärkerer Anstieg der degenerativen Veränderungen möglich, was den operativen Eingriff rechtfertigt (Gutbrod und Festl 1999).

Nicht sinnvoll erscheint es aber ein Gelenk zu operieren, bei dem die Entscheidung zur Therapie auf Verdachtsmomenten beruht. Eine umfangreiche Diagnose mittels bildgebender Verfahren sollte oberstes Gebot sein. Die Art der Diagnosestellung kann dabei unterschiedlich ausfallen.

In einigen Fällen können geeignete Röntgenaufnahmen, zum Beispiel in speziellen Ebenen, genauso zum Erfolg führen, wie bei schwierigeren Fällen eine Kaskade von Szintigraphie, Röntgen und Computertomographie.

Um den Verlauf einer Erkrankung zu dokumentieren und Aussagen über die Prognose zu ermöglichen, sind möglichst umfangreiche Röntgenaufnahmen hilfreich. Die Routine in der radiologischen Diagnostik und die Anwendung standardisierter Lagerungstechniken steigern dabei die Genauigkeit. Eine wichtige Rolle spielt die anschließende Beurteilung der Aufnahmen.

Beim Ellbogengelenk gibt es in Anlehnung an die Richtlinien der IEWG deutliche radiologische Veränderungen, die zur Einteilung der Gelenke in Arthrosegrade und der Erkennung einer ED dienen (Hazewinkel et al. 1996; Lang et al. 1998; Flückiger 2007; Tellhelm 2007).

Unter den angefertigten Kontrollaufnahmen ist bei der überwiegenden Anzahl der Röntgenbilder eine Sklerose, als wichtigstes und erstes Anzeichen einer Gelenkveränderung und ein Konturverlust des PCMU auf der lateralen Aufnahme erkennbar. Zu den in der Literatur beschriebenen frühen Anzeichen gehört außer der Sklerosierung im Bereich der Ulna auch eine Veränderung der Dorsalkontur des *Processus anconaeus* bzw. osteophytäre Auflagerungen an dieser Stelle.

Die Sklerose konnte bei 15% der präoperativen Aufnahmen und bei 56% der Kontrollröntgenaufnahmen erkannt werden. Auffällig waren aber auch degenerative Veränderungen im kranioproximalen Bereich am *Caput radii*. Diese wurden präoperativ schon bei 21% der Aufnahmen und zum Zeitpunkt der Nachkontrolle bei 63% festgestellt.

Eine standardisierte Auswertung der Röntgenbilder gilt als wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Beurteilung. Während der Einteilung der angefertigten Röntgenaufnahmen in die Arthrosegrade fiel auf, dass speziell die Aussage ob eine Sklerosierung vorhanden ist oder nicht, nicht immer eindeutig zu treffen ist. Im Zweifelsfall sollten deshalb nicht nur die Röntgenbilder, sondern immer auch die klinischen Angaben zum Patienten berücksichtigt werden.

Bei Hunden, die schon präoperativ eine hochgradige Arthrose aufweisen, ist der Vergleich mit postoperativ angefertigten Aufnahmen erschwert.

Da es bei der Einhaltung des üblichen Einteilungsschemas keine Steigerung von Grad 3 gibt, kann auch eine optisch eventuell feststellbare weitere Steigerung nicht deutlich zum Ausdruck gebracht werden. Bei den untersuchten Hunden waren präoperativ nur drei der operierten Ellbogengelenke hochgradig arthrotisch verändert, weshalb die Ergebnisse des Arthrosegradanstieges kaum beeinflusst sein dürften.

Eine Verfeinerung des Arthroseschemas in Bezug auf stark veränderte Gelenke, ähnlich der Angabe von Primärläsionen, könnte für Kontrollstudien nützlich sein. Ob dadurch auch Vorteile für den Patienten entstehen ist fraglich.

Aufgrund untersucherspezifischer Abweichungen bei der Beurteilung von Röntgenbildern und der teilweise nur auf sekundären Veränderungen beruhenden Diagnosen der Erkrankungen des Ellbogengelenkdysplasie-Komplexes erscheinen weitergehende diagnostische Verfahren sinnvoll (Mason et al. 2002).

Eine computergestützte Auswertung von Röntgenbildern wäre ebenfalls interessant, allerdings ist noch keine einheitliche Anwendung bei arthrotischen Auflagerungen bekannt (Brunnberg et al. 1999; Viehmann et al. 1999).

Die röntgenologische Diagnose einer Ellbogengelenkinkongruenz kann anhand einer sichtbaren Stufe zwischen Radius und Ulna, einer elliptischen Form der *Incisura trochlearis ulnae*, eines erweiterten Gelenkspaltes oder einer Kranialverlagerung des *Humeruskondylus* beurteilt werden (Samoy et al. 2006). Diese Veränderungen können Hinweise auf eine Inkongruenz geben, allerdings wird eine gewisse Abweichung der Form der *Incisura trochlearis ulnae* von manchen Autoren auch als physiologisch beurteilt (Maierl et al. 2004).

Ob ein Ellbogengelenk kongruent erscheint oder eine physiologische Inkongruenz aufweist, kann auch durch die Rasseunterschiede der Hunde beeinflusst werden. Die Kontaktflächen im Ellbogengelenk verschiedener Hunde weisen je nach Größe und Alter des Tieres teilweise unterschiedliche Formen auf (Breit et al. 2005b).

Bei den untersuchten Hunden konnte röntgenologisch nur relativ selten eine Inkongruenz festgestellt werden. Präoperativ wurden in 12% der Fälle Hinweise für eine radioulnare Inkongruenz mit einer relativen Verkürzung des Radius und in 1% mit einer relativen Verkürzung der Ulna erkannt. Die Lagerung spielt hierbei eine bedeutende Rolle. Bei einer zu starken Beugung kann eine Inkongruenz oder Subluxation nicht eindeutig diagnostiziert oder ausgeschlossen werden.

## **7.2 Inkongruenzen**

Eine Inkongruenz im Ellbogengelenk kann an verschiedenen Lokalisationen ausgeprägt sein. Die Unterscheidung der unterschiedlichen Formen hat einen deutlichen Einfluss auf die notwendigen therapeutischen Maßnahmen.

### 7.2.1 *Humeroulnare Inkongruenz*

Die unterschiedliche Form der *Incisura trochlearis ulnae* kann unter bestimmten Gesichtspunkten als physiologisch beurteilt werden. In einer Studie dazu wurde speziell darauf geachtet, dass keine radioulnare Inkongruenz oder arthrotische Veränderungen feststellbar waren (Maierl et al. 2004).

### 7.2.2 *Radioulnare Inkongruenz*

Eine weitere Beurteilungsform der Inkongruenz bezieht sich speziell auf den Bereich des *Processus coronoideus medialis ulnae*. Eine Studie bei an FPCMU erkrankten Ellbogengelenken zeigte eine Inkongruenz im Bereich der Coronoidspitze, auch wenn an der Basis keine Hinweise auf eine Inkongruenz feststellbar waren. Allerdings wurde nicht bei allen von einem FPCMU betroffenen Gelenken eine Inkongruenz diagnostiziert. Die Assoziation der beiden Veränderungen kann unter Umständen zum Zeitpunkt der Diagnosestellung nicht in allen FPCMU-Fällen erkennbar sein (Gemmil et al. 2005).

Kramer et al. stellten bei einem Vergleich der Kongruenz im Bereich der Basis, der mittleren und kaudalen Region des medialen *Processus coronoideus* nur Veränderungen im Bereich der Basis fest. Allerdings wurde das Ellbogengelenk während der Untersuchung nicht physiologisch belastet (Kramer et al. 2006).

Das Problem der fehlenden Belastung der Gliedmaßen während der Untersuchung bezieht sich nicht nur auf Röntgenuntersuchungen, sondern in gleicher Weise auch auf die Computertomographie und Arthroskopie (Gielen et al. 2001; Kapatkin et al. 2003).

### 7.2.3 *Darstellung der Inkongruenz*

Als geeignete Technik zur Beurteilung der Kongruenz wird die Computertomographie angesehen (Samoy et al. 2006).

Untersuchungen an gefrorenen Ellbogengelenkpräparaten zeigten eine gute Übereinstimmung der rekonstruierten CT-Schnitte mit anatomischen Schnitten. Die Computertomographie stellt den Gelenkspalt präzise dar und kann zur Beurteilung herangezogen werden. Zu beachten sind allerdings die Untersuchungsbedingungen, das verwendete CT-System und ein eventueller Ausgleich einer knöchernen Stufe durch Knorpelgewebe (Gemmil et al. 2006). Eine standardisierte Lagerung und die technische Möglichkeit genügend schmale Abschnitte untersuchen zu können, sind geeignete Voraussetzungen für die spätere Beurteilung.

Im vorliegenden Patientengut konnte anhand der archivierten Daten keine ausreichende Beurteilung der computertomographischen Methode in Bezug auf die Diagnostik einer Inkongruenz erfolgen. Lediglich in wenigen Fällen waren sagittale Schnittbildrekonstruktionen vorhanden. Bei diesen war allerdings der Gelenkspalt entsprechend den Angaben in der Literatur in Bezug auf die Kongruenz gut zu beurteilen.

Eine einheitliche Methode zur Darstellung und Vermessung der Kongruenz mittels CT wäre wünschenswert. Bis jetzt wird jedoch das Scoring von Inkongruenzen dadurch erschwert, dass trotz einzelner Studien keine solche Methode etabliert ist (Gemmil et al. 2005; Gemmil et al. 2006).

Die Vorteile der computertomographischen Diagnostik liegen in ihrer relativ geringen Invasivität bei gleichzeitiger guter Darstellung der Strukturen (Kapatkin et al. 2003).

## **8 Computertomographische Daten**

Die Patienten dieser Arbeit wurden präoperativ alle computertomographisch untersucht. Nach einer genauen Beurteilung der Ellbogengelenke konnten die festgestellten Läsionen direkt im Anschluss operativ versorgt werden.

In Bezug auf vorhandene Inkongruenzen konnte bei der untersuchten Patientengruppe in vier Fällen durch starke arthrotische Veränderungen keine Aussage getroffen werden.

Die Auswahl der sagittal rekonstruierten Schnittebenen in denen die Kongruenz deutlich beurteilt werden kann, spielt bei der Bewertung eine große Rolle (Sjöström 1998; Gielen et al. 2004; Holsworth et al. 2005).

Bei zwei der kontrollierten Hunde konnte computertomographisch eine geringgradige radioulnare Stufenbildung auf den sagittalen Schnittbildern erkannt werden. Einmal wurde der Radius als relativ verkürzt beurteilt und einmal die Ulna.

Ein Patient, der computertomographisch eine radioulnare und geringgradige humeroulnare Inkongruenz aufwies, wurde einseitig mit einer dynamisierenden Ulnaosteotomie versorgt. Er wurde in einer Sitzung operativ an beiden Ellbogen versorgt. Es konnten allerdings keine deutlichen Veränderungen im Bereich der eigentlich als Lahmheitsursache vermuteten medialen Kronfortsätze festgestellt werden. Daher wurde nur eine Glättung der Stufen und eine einseitige Ulnaosteotomie durchgeführt. Das funktionelle Ergebnis dieser Behandlung wurde bei der Nachkontrolle als gut bewertet.

Für die Beurteilung des PCMU waren in allen Fällen transversale Schnittbilder durch das Ellbogengelenk ausreichend. Entsprechend den Angaben in der Literatur konnten OCD-Läsionen in dieser Arbeit ebenfalls auf dorsal rekonstruierten Schnitten am besten erkannt werden. Die Diagnose IOHC konnte auf transversalen und dorsal rekonstruierten Schnitten gestellt werden (Sjöström 1998; Gielen et al. 2004; Holsworth et al. 2005; Carrera et al. 2008).



Computertomographisch wurde bei 55% der operierten Ellbogengelenke eine deutliche Fragmentierung des *Processus coronoideus medialis ulnae* erkannt. 33% zeigten degenerative Veränderungen, Aufhellungen oder eine Sklerose, aber keine oder nur eine undeutliche Fissur. 12% wiesen keine wesentlichen Veränderungen auf. Im überwiegenden Teil der Patienten konnte durch die Computertomographie die röntgenologisch gestellte Verdachtsdiagnose FPCMU bestätigt werden.

## 9 Szintigraphie

Da nach einer klinischen Lahmheitsbeurteilung und röntgenologischen Untersuchung nicht in allen Fällen die Lahmheitsursache deutlich auf ein Gelenk einzugrenzen ist, können weitergehende diagnostische Methoden notwendig sein. Hierfür eignet sich die Szintigraphie.

Der Vorteil einer Szintigraphie besteht darin, dass man Veränderungen schon früh erkennen und lokalisieren kann (Jorda und Matis 2004). Knöcherne Umbauvorgänge lassen sich szintigraphisch schon nach wenigen Tagen nachweisen, während sie im Röntgenbild erst nach mehreren Wochen sichtbar werden. Die Früherkennung einer ED spielt für die weitere Therapie und deren Erfolg eine entscheidende Rolle.

Die Arthrosen sind zu einem frühen Zeitpunkt noch weniger ausgeprägt und man hat durch ein früheres Eingreifen in das Geschehen bessere Aussichten auf eine funktionelle Heilung.

Im Rahmen einer Szintigraphie können mehrere Körperteile bis hin zum ganzen Skelett untersucht werden. Für die Therapie und anschließende Erfolgskontrollen ist diese Möglichkeit von besonderem Interesse, da sie eventuell bis dahin versteckt gebliebene Läsionen aufdecken kann (Eißler 1999; Jorda 1999; Jorda et al. 2004; Jorda und Matis 2004; Schwarz et al. 2004; Murgia et al. 2005).

Jorda beschreibt die Sensitivität der Diagnose FPCMU mittels Szintigraphie mit 94,1% und konnte dieses Ergebnis mittels Computertomographie und/ oder Arthrotomie bestätigen (Jorda und Matis 2004). In anderen Untersuchungen konnte bei einem klinisch auffälligen Befund in Schulter und Ellbogen durch die Szintigraphie ein akuter Herd im Ellbogengelenk ermittelt werden, der arthroskopisch mit dem Auffinden eines *Corpus librum* bestätigt wurde. Bei einer klinisch und radiologisch nicht feststellbaren Lahmheitsursache ergab die Szintigraphie einen Hinweis auf eine Erkrankung des Ellbogengelenkes. In der anschließenden Arthroskopie wurde ein fragmentierter *Processus coronoideus medialis ulnae* deutlich (Engelke et al. 1996).

Bei 27 Patienten dieser Studie wurde vor einer weiteren radiologischen Diagnostik eine Szintigraphie durchgeführt. Die nochmalige Auswertung der Szintigramme ergab bei 26 Fällen eine Zuordnung der Lahmheit zum Ellbogengelenk. In nur einem Fall war die Zuordnung zwischen Ellbogen und Karpalgelenk fraglich.

Bei acht Patienten wurden zusätzlich Mehranreicherungen an anderen Lokalisationen festgestellt, die aber alle präoperativ durch weitergehende Untersuchungen als Lahmheitsursache ausgeschlossen worden waren.

Eine Lahmheit klinisch auf ein Gelenk einzugrenzen gestaltet sich in manchen Fällen als schwierig, da auch mehrere Veränderungen in verschiedenen Bereichen einer Extremität vorhanden sein können. Deshalb ist eine genaue Eingrenzung des Problems wünschenswert. Zu Bedenken ist dies wiederum in Hinsicht auf eine möglichst genaue präoperative Diagnostik, da unentdeckte Läsionen zu einem schlechteren Therapieergebnis führen können. In Studien zu Erfolgskontrollen sollte deshalb immer auf den Umfang der Diagnostik geachtet werden, um die Ergebnisse richtig einschätzen zu können (Read et al. 1996).

Diese Beispiele zeigen aber auch, dass eine Szintigraphie alleine präoperativ nicht ausreichend ist. In den meisten Fällen wird sie mit anderen diagnostischen Verfahren kombiniert (O' Brien und Wortman 1973; Brawner und Daniel 1993; Engelke et al. 1996; Kippenes und Johnston 1998; Eißler 1999). An erster Stelle steht hierbei die genaue röntgenologische Untersuchung der auffälligen Strukturen. Ob im Anschluss daran eine Computertomographie oder Arthroskopie erfolgt, ist im jeweiligen Fall zu entscheiden.

Bei den Patienten der vorliegenden Arbeit erfolgte immer eine Computertomographie, die auch in diesen Fällen die Ellbogengelenke als Lahmheitsursache bestätigte.

Bei der Anwendung einer szintigraphischen Untersuchung ist jedoch im direkten Anschluss aus Strahlenschutzgründen keine weitergehende Diagnostik oder Therapie möglich. Dies bedeutet für den Patienten eine weitere Narkose und für den Tierbesitzer einen weiteren Kostenaufwand. Auf der anderen Seite können mittels einer genauen Diagnostik mögliche andere Veränderungen, die zu einem schlechteren Therapieergebnis führen können, weniger übersehen werden.

Die Auswertung der Szintigramme erfolgt durch eine visuelle Einschätzung und eine Quantifizierung mittels der sogenannten ROI-Technik (Eißler 1999). Die Werte der ROI-Technik sind prozentuale Angaben des Anreicherungsverhältnisses eines Radiopharmakons im Knochen. Bei der Beurteilung der Prozentzahlen muss insgesamt auf das Anreicherungsverhalten und speziell auf den Seitenvergleich geachtet werden. Eine niedrigere Anreicherung auf einer Seite muss nicht zwangsläufig heißen, dass dort kein reaktiver Prozess im Gange ist. Reichern beide Seiten wegen Veränderungen im Knochen stark an, fällt der Seitenunterschied gering aus. In Wirklichkeit sind aber beide Anteile deutlich verändert. Die ROI-Zählratenstatistik liefert zwar eine quantitative Auswertung, allerdings sind auf dem Szintigramm keine anatomischen Anhaltspunkte sichtbar und es ist eine gewisse Hintergrundaktivität möglich.

Deshalb ist auch die visuelle Einschätzung des Szintigrammes von Bedeutung und nicht nur die reinen Zahlenwerte.

Alle Szintigramme der nachkontrollierten Hunde wurden nochmals überprüft. In 26 von 27 Fällen war die Eingrenzung auf ein Problem im Bereich des Ellbogengelenkes deutlich möglich. Bei drei Hunden wurde jedoch nicht das im Seitenvergleich stärker anreichernde Gelenk, sondern das kontralaterale Ellbogengelenk operiert. Dies ist durch die im Anschluss an die Szintigraphie weitergehenden diagnostischen Maßnahmen erklärbar, bei denen sich das kontralaterale Gelenk abhängig von der klinischen Situation als therapiebedürftig erwies.

## **10 Computerisierte Ganganalyse**

Die computergestützte Ganganalyse stellt eine moderne Methode zur Evaluierung von Lahmheiten dar. Sie eignet sich bei entsprechendem Studiendesign besonders für die objektive Beurteilung einer Lahmheit im Rahmen klinischer Erfolgskontrollen (Theyse und Hazewinkel 2000; Budsberg 2002).

Von 37 durchgeführten Laufbandanalysen waren 28 für eine vollständige Auswertung geeignet. Vier Untersuchungen waren bedingt auswertbar, davon gaben die Besitzer von zwei Tieren die Besitzer keine Einwilligung zur Kinematik. Zur kinematischen Untersuchung war es für eine genaue Markerplatzierung notwendig, die Hunde an den entsprechenden Stellen zu rasieren. Dies war einerseits mit einem erhöhten Zeitaufwand für die Besitzer verbunden, andererseits möchten nicht alle Tierbesitzer ihren Hund ohne triftigen Grund scheren lassen.

Bei stark kurzhaarigen Tieren könnten die Marker auch direkt auf dem Fell justiert werden. Um dadurch bedingte Fehlerquellen auszuschließen, sollten die Marker aber am besten direkt auf die Haut aufgebracht werden.

Durch die nähere Erläuterung der Methode stimmte jedoch der Großteil der Patientenbesitzer einer vollständigen Untersuchung zu.

Bei Hunden, die bereits klinisch eine Lahmheit zeigten, wollten manche Patientenbesitzer ihre Tiere nicht dem Stress einer Untersuchung auf dem Laufband aussetzen. Trotz weiterer Erklärungen, dass die Belastung auf dem Laufband nicht größer als bei einem normalen Spaziergang ist, konnten manche Besitzer nicht davon überzeugt werden.

Bei fünf Hunden hatten die Tierbesitzer zwar einer Ganganalyse zugestimmt, allerdings musste die Untersuchung abgebrochen werden, da sich die Tiere trotz langsamen Heranführens weigerten auf dem Laufband zu gehen.

Für eine aussagekräftige Auswertung der Ganganalyse ist es wichtig, geeignete Schrittfolgen zu erhalten. Deswegen macht es erfahrungsgemäß keinen Sinn durch eine strengere Fixation das Tier zum Laufen zu zwingen. Kopfbewegungen beeinflussen den Gang stark, besonders in Bezug auf die Schultergliedmaßen (Brebner et al. 2006). Durch zu starke Gegenwehr, wie zum Beispiel ständiges Hochreißen des Kopfes, haben sich auch in den eigenen Untersuchungen die Kraftmessungen derart verändert, dass sie sich nicht mehr zur Bewertung des Ganges eigneten.

Einzelne Kopfbewegungen oder ein Ruck an Halsband oder Leine lassen sich bei der Ganganalyse allerdings nicht vollständig vermeiden. Geringe Abweichungen können durch die Berechnung von Mittelwerten aus mehreren gültigen Schritten relativiert werden (Mc Laughlin 2001).

Die 28 Tiere, deren Untersuchungen auswertbar waren, wurden locker beidseitig an ihrem Halsband gehalten. Gut auf den Besitzer hörende Hunde konnten besser vom Besitzer selbst als von einer fremden Person gehalten werden. Bei weniger auf den Tierbesitzer fixierten Hunden schien es von Vorteil zu sein, den Hund von einem Assistenten der Klinik führen zu lassen.

Um aussagekräftige Daten zu erhalten, wird eine Gewöhnung der Tiere an das Laufband und ein Training als sinnvoll angesehen (Fanchon et al. 2006). Der Ausschluss von Hunden, die nicht gut laufen und die nötigen Kriterien für eine aussagekräftige Ganganalyse nicht erfüllen, ist üblich (Brebner et al. 2006).

Alle Hunde der vorliegenden Arbeit wurden in einer kurzen Eingewöhnungsphase an das Gehen auf dem Laufband gewöhnt. Es war auffällig, dass einige Hunde sofort durchgehend gut liefen. Diese konnten allerdings auch nicht immer so dirigiert werden, dass sie bei allen Schritten die vier einzelnen Kraftmessplatten mit jeweils nur einer Gliedmaße berührten. Eine geeignete Messfolge und simultane Videoaufnahmen relativieren dieses Problem, indem man im Anschluss geeignete Schrittfolgen auswählt und solche mit Zwischenschritten oder unsauberen Schritten verwirft.

In einer Studie waren Hunde an 3 aufeinanderfolgenden Tagen ganganalytisch untersucht worden. Es wurden pro Tag drei Untersuchungssequenzen durchgeführt. Am ersten der 3 Tage konnten deutliche Unterschiede in den erhaltenen Daten festgestellt werden. Bewertet wurden Vertikalkraft, Impuls, Schrittdauer, „peak time“ und Standphase. Die Studie zeigte, dass eine einzelne Trainingsuntersuchung für anschließend aussagekräftige Daten ausreichend ist, auch wenn an einem Tag Unterschiede feststellbar sind. Der Hauptanteil der Abweichungen war auch hier im Temperament und Verhalten der Hunde begründet (Fanchon et al. 2006).

Bei einer Untersuchung an klinisch gesunden Greyhounds konnte schon nach einer 30 Sekunden langen Eingewöhnungsphase kein Unterschied zu einer Messung nach 2 Minuten festgestellt werden. Es waren keine mehrmaligen Trainingsläufe nötig (Owen et al. 2004).

Nach der Eingewöhnungsphase an das Gehen auf dem Laufband wurden die reflektierenden Marker angebracht. Dies hat den Vorteil, dass der Hund eine kurze Pause hat und ein unnötiges Ausscheren vermieden wird, falls der Hund nicht läuft.

Eine der möglichen Fehlerquellen bei der Ganganalyse stellt die korrekte Markerplatzierung für die kinematische Untersuchung dar (De Camp et al. 1993). Eine Schwierigkeit besteht darin, den tatsächlichen Drehpunkt eines Gelenkes auf die Haut zu übertragen (Off und Matis 1997a).

Durch das Anbringen der Marker von derselben Person lassen sich Abweichungen und Fehler durch die Markerplatzierung vermeiden (Owen et al. 2004). Um dies zu gewährleisten, wurden die reflektierenden Marker bei jedem Hund von mir selbst angebracht.

Eine weitere vorhandene Fehlerquelle stellt die Individualität der verschiedenen Hunderassen und die Hautverschieblichkeit über den Gelenken dar. Dies bedingt Abweichungen in den Messungen. Ein wichtiger Faktor ist zudem das Auffinden der Marker im dreidimensionalen Raum mittels Computer (De Camp et al. 1993; De Camp 1997).

Um die ganganalytisch ermittelten Daten zu beurteilen, sind Vergleichswerte nötig.

Am besten geeignet wären prä- und postoperative Ganganalysen, um einen intra-individuellen Vergleich zu erhalten (De Camp et al. 1993).

Daten aus Ganganalysen klinisch gesunder Hunde unterschiedlicher Rassen könnten ebenfalls herangezogen werden. Diese sind allerdings nicht für jede Hunderasse vorhanden.

Inwieweit der unterschiedliche Aufbau der Ganglabore für Vergleiche eine Rolle spielt, ist fraglich. Eine Studie über die Beeinflussung der Bodenreaktionskräfte durch die Verwendung unterschiedlicher Laufbandoberflächen erbrachte zwar keine deutlichen Unterschiede (Kapatkin et al. 2007), jedoch sind Abweichungen zwischen verschiedenen aufgebauten Ganglaboren durch unterschiedliche Techniken und Analysensysteme zu bedenken (Hottinger et al. 1996).

In einer Studie wurden sieben Hunde mit einseitigem FPCMU und anschließender Operation ganganalytisch untersucht. Die Kraftplattenanalyse erfolgte präoperativ und danach im Abstand von 6 Wochen und 6 Monaten. In fünf Fällen war 6 Monate nach der Operation keine Lahmheit mehr erkennbar. Die Beobachtung, dass die Klinik und das Vorhandensein von Osteophyten nicht korrelieren müssen, wurde als bestätigt angesehen. In diesen Fällen diente jeder Hund als seine eigene Kontrolle indem die zweite als gesund beurteilte Schultergliedmaße als Vergleichswert herangezogen wurde (Theyse und Hazewinkel 2000).

Die kontralateralen Gliedmaßen eignen sich nur bedingt als Referenzwerte, da die Kräfte bei einer vorhandenen Lahmheit umverlagert werden. Bei einer signifikanten Lahmheit können die Kräfte in den anderen Extremitäten keinen Normalwert erreichen. Bei einem Hund ohne klinische Lahmheit ist es aber möglich die Gegenseite als Kontrolle heranzuziehen (De Camp 1997; Off und Matis 1997a).

Durch die Einbeziehung der möglichen Fehlerquellen in die Bewertung einer Ganganalyse wird ihre Aussagekraft auch bei fehlenden Vergleichsmöglichkeiten mit gesunden Hunden der entsprechenden Hunderassen nicht gemindert (De Camp et al. 1993).

Die ganganalytisch untersuchten Patienten der vorliegenden Arbeit hatten unterschiedliche Rassezugehörigkeiten. Da präoperativ keine Laufbanduntersuchungen durchgeführt worden waren, wurden bei der Untersuchung die Daten der kontralateralen Gliedmaßen als Kontrollwerte herangezogen.

Die dadurch eventuell bedingten Nachteile scheinen im Vergleich zu den Vorteilen gegenüber einer alleinigen klinischen Beurteilung gering. Durch die computerisierte Ganganalyse können untersucherbedingte Abweichungen gemindert und die Genauigkeit der Lahmheitsbeurteilung durch Messungen verbessert werden (De Camp 1997).

Obwohl die Ganganalyse teilweise eher noch als Forschungs-Werkzeug angesehen wird, kann man dennoch sagen, dass die kinetischen und kinematischen Daten objektive, quantifizierbare und wiederholbare Informationen über den normalen und anormalen Gang bei Hunden liefern (Mc Laughlin 2001).

Die Evaluierung einer funktionellen Wiederherstellung durch eine chirurgische Intervention im Rahmen einer Therapiekontrolle bleibt ohne eine computerisierte Ganganalyse subjektiv und durch die Untersucherfähigkeiten beeinflussbar. Allerdings ist durch hohe Datenmengen auch eine Konfrontation mit irrelevanten Daten möglich. Die Selektion geeigneter Daten spielt deshalb eine wichtige Rolle (De Camp 1997).

Um selbst Ganganalysen erfolgversprechend durchzuführen empfiehlt es sich, neben der genauen Einarbeitung in die Methodik, einige gesunde Hunde zu untersuchen und deren Daten auszuwerten.

Die vorhandenen Patienten wurden in der Schrittgangart, bei einer durchschnittlichen Laufbandgeschwindigkeit von 0,5m/ sec. untersucht. Die Bewegungsabläufe im Schritt sind komplexer als im Trab (Hottinger et al. 1996). Die Schnelligkeit des Laufbandes hat großen Einfluss auf den Gang (Mc Laughlin 2001; Brebner et al. 2006) und sollte der Größe des Hundes angepasst sein, um Veränderungen der Schritte durch ein zu schnelles oder zu langsames Laufen zu vermeiden.

Insgesamt war bei 78% der ganganalytisch untersuchten Patienten (25 von 32) kein Hinweis auf eine Lahmheit festzustellen. Die Abweichungen bei den anderen Tieren waren meist nur gering. Drei Patienten aus dieser Gruppe zeigten klinisch eine undeutlich geringgradige und ein Patient eine deutlich geringgradige Lahmheit. In einem Fall mit einer klinisch undeutlich geringgradigen Lahmheit konnten ganganalytische Veränderungen der operierten Schulterextremität und der ipsilateralen Beckengliedmaße festgestellt werden. Bei drei klinisch deutlich geringgradig lahmen Hunden wurden bei der Laufbandanalyse Abweichungen im Bereich der operierten Gliedmaße bzw. aller vier Gliedmaßen erkannt.

2-mal war eine geringe ganganalytische Veränderung klinisch nicht nachvollziehbar.

Die Verwendung von vier Kraftmessplatten ermöglicht die simultane Messung aller vier Gliedmaßen. Dies kann Kompensationsmechanismen und Gewichtsverlagerungen aufzeigen (Brebner et al. 2006).

Bei der Beurteilung sind allerdings Schwankungen zu berücksichtigen, die bei der Messung an biologischen Systemen auftreten können. Wie auch beim Vergleich der eigenen Ergebnisse der Ganganalyse mit den klinischen Befunden festgestellt, können unterschiedliche Belastungen der Gliedmaßenpaare auch auftreten ohne dass dies auf Kompensationsmechanismen oder eine kontralaterale Erkrankung zurückzuführen ist.

Am deutlichsten waren bei den eigenen Untersuchungen die Differenzen in der Gewichtsverteilung und der Gliedmaßenführung zu erkennen. Insgesamt bewegten sich die Unterschiede aber in nur geringen Prozentzahlen.

### ***10.1 Gelenkwinkelbestimmung mittels Kinematik***

Zur deutlicheren Beurteilung wurden die Daten der kinematischen Untersuchung mit herangezogen. Die Aussagekraft der Kinematik wird in Bezug auf praktische Zwecke unterschiedlich beurteilt. Die kinematische Ganganalyse wird als nicht gelenkspezifisch und teilweise nicht gliedmaßenspezifisch angesehen (De Camp 1997; De Camp 2002).

Im Allgemeinen zeigen die aus den kinematischen Daten erstellbaren Kurven unabhängig von der Varianz ihrer Amplitude für jedes Gelenk einen typischen Verlauf (Off und Matis 1997a). Dies kann durch die eigenen Untersuchungen bestätigt werden.

Die Beurteilung der Winkelung eines Gelenkes wird durch mögliche Kompensationsmechanismen in anderen Gelenketagen erschwert. Eine im Ellbogengelenk veränderte Flexion oder Extension kann beispielsweise durch eine gehemmte Extension des Karpalgelenkes ausgeglichen werden.

Das Karpalgelenk stellt eine Herausforderung an die Ganganalyse dar. Die Marker liegen näher zusammen als an anderen Gelenken und der Karpus bewegt sich im Vergleich zu anderen Gelenken schneller und weiter. So können leichter Messfehler auftreten (De Camp et al. 1993).

In den eigenen Untersuchungen fiel auch auf, dass die Zielgenauigkeit bei der Computererfassung der Karpalgelenksmarker schlechter war als bei den übrigen Messpunkten. Werden die Punkte nicht automatisch von der Software erkannt, müssen sie manuell nachbearbeitet werden, was eine gewisse Ungenauigkeit verursachen kann.

Die „range of motion“ der einseitig am Ellbogengelenk operierten Patienten wurde mit der kontralateralen nicht operierten Seite verglichen. Bei 11 Patienten war die ROM der operierten Ellbogengelenke eingeschränkt, bei 10 Patienten dagegen auf der kontralateralen Seite. Die Veränderungen waren meist nur geringgradig. Ein großer Teil der untersuchten Patienten war sowohl klinisch als auch ganganalytisch lahmheitsfrei .

### ***10.2 Differenzierung Kinematik – Goniometrie***

Bei den klinisch mittels Goniometer ermittelten Gelenkwinkeln gab es ebenfalls keine großen Unterschiede in der ROM. 21-mal wurde eine Einschränkung des Bewegungsradius im operierten Ellbogengelenk von im Mittel  $10^\circ$  festgestellt. Bei 8 Patienten war eine Einschränkung im nicht operierten Ellbogengelenk von durchschnittlich  $8,75^\circ$  zu verzeichnen. Als Vergleich dienten auch hier die kontralateralen Gelenke. Der Unterschied bei beidseits in ihrem Bewegungsumfang eingeschränkten Gelenken fiel damit geringer aus. Es wurden keine Ellbogengelenke mit einer hochgradigen Einschränkung der ROM festgestellt.

Die klinische Ermittlung der Gelenkwinkel wird vom Temperament und der Konstitution des Hundes beeinflusst. Bei einem starken Hund ist es zum Beispiel häufig schwer die Schulter vollständig zu strecken oder den Ellbogen stark zu beugen. Bei Schmerzen in einem Gelenk sind ebenfalls deutliche Unterschiede im Bewegungsradius zu erwarten.

Bei der Durchführung der goniometrischen Untersuchung ist eine genaue Lokalisierung der entsprechenden Messpunkte Voraussetzung. Es sollte möglichst wiederholt gemessen werden und daraus der Mittelwert gebildet werden, um Fehler zu minimieren (Baumer 1992; Jaegger et al. 2002). Durch das mehrmalige Messen entspannen sich die Tiere zum Teil und ermöglichen so eine leichtere Gelenkmanipulation.

Der direkte Vergleich der kinematisch ermittelten ROM und der klinisch gemessenen Gelenkwinkel ist nicht möglich. Auf dem Laufband befindet sich der Hund in seiner normalen Bewegung. Im Schritt ist es dabei beispielsweise nicht nötig das Ellbogengelenk maximal zu beugen. Bei der Goniometrie wird das Gelenk aber einer Maximalbewegung unterzogen, um Einschränkungen in der ROM und gegebenenfalls Schmerzreaktionen festzustellen.

Deutliche palpatorische Befunde und somit auch teilweise knöchern bedingte Einschränkungen wurden nur bei insgesamt 12 Ellbogengelenken gesehen.



## VII. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die Ellbogengelenkdysplasie stellt einen bedeutenden Erkrankungskomplex des Hundes dar. Daher wurden seit Jahrzehnten verschiedenste Untersuchungen und Berichte zu sämtlichen Aspekten der ED angefertigt, angefangen bei ätiologischen Gesichtspunkten über Diagnose und Therapie bis hin zur Prophylaxe.

Ihre Brisanz äußerte sich unter anderem 1989 in der Gründung der INTERNATIONAL ELBOW WORKING GROUP, die sich mit der Informationsverbreitung und Standardisierung der Erkrankung und ihres Screenings beschäftigt (Meutstege 1995; Hazewinkel 2007; Tellhelm 2007).

Um weiterführende Erkenntnisse über die ED zu erlangen, sind zahlreiche Untersuchungen vor allem im Bereich der Diagnose und Therapie notwendig. Mit dieser Arbeit sollten mögliche Wege zur Diagnosestellung der ED aufgezeigt und eine klinische und radiologische Erfolgskontrolle nach operativer Therapie durchgeführt werden.

55 Patienten, die in den Jahren 1999 – 2006 in der Chirurgischen Tierklinik wegen einer Lahmheit des Ellbogengelenkes vorgestellt und therapiert wurden, konnten nachuntersucht werden. Zum Zeitpunkt der Erstvorstellung waren die Hunde durchschnittlich 3,18 Jahre alt, der jüngste 21 Wochen und der älteste 8,5 Jahre. Von den 55 Patienten wurden 67 Ellbogengelenke operativ versorgt. Der mittlere Kontrollzeitraum zwischen der Versorgung und der Nachkontrolle betrug 2,65 Jahre, mit einem Minimum von 6 Monaten und einem Maximum von 6,65 Jahren.

Einen wichtigen Beitrag zum Erfolg der Behandlungen scheint die umfangreiche Diagnostik zu leisten. Klinisch oder radiologisch ist die Zuordnung, welches Ellbogengelenk schwerer von Veränderungen betroffen ist, oft nicht eindeutig.

Bei allen Patienten war mittels röntgenologischer Untersuchung die Verdachtsdiagnose ED gestellt worden. In zweifelhaften Fällen wurde eine szintigraphische Diagnostik durchgeführt. 26 von 27 Szintigraphien konnten die Lahmheitsursache auf das Ellbogengelenk eingrenzen. Die Computertomographie konnte bei 45% der Ellbogengelenke einen deutlich fragmentierten PCMU und bei 26 % eine deutliche Fissur des PCMU nachweisen. 10% der Ellbogen wiesen nur geringgradige degenerative Veränderungen auf. Bei 19% konnte die computertomographische Untersuchung keine eindeutige Diagnose liefern.

Zur Erfolgskontrolle wurden Kontrollröntgenaufnahmen angefertigt, um die Arthroseprogression zu ermitteln. Zum Zeitpunkt der Versorgung in der Chirurgischen Tierklinik waren bei den meisten Patienten schon deutliche Arthrosen der Ellbogengelenke feststellbar. 11 der 67 operierten Ellbogengelenke und 19 der 43 nicht operierten Ellbogengelenke zeigten präoperativ keine arthrotischen Veränderungen. Bei der Nachkontrolle waren noch 2 der operierten und 18 der nichtoperierten Ellbogengelenke frei von arthrotischen Veränderungen. Bei den übrigen operierten und nichtoperierten Ellbogengelenken konnte ein Fortschreiten der Arthrose, in den meisten Fällen um 1 Grad, festgestellt werden.

Da die degenerativen Veränderungen nicht mit der Funktionalität der Gelenke bzw. Gliedmaßen korrelieren müssen, war eine genaue klinische Untersuchung ebenfalls notwendig. Um die klinische Beurteilung bei der Nachkontrolle zu objektivieren wurden 37 Patienten ganganalytisch untersucht. 20 Patienten zeigten übereinstimmend klinisch und ganganalytisch keine Lahmheit. Unter den ganganalytisch als lahmheitsfrei beurteilten Patienten waren drei klinisch undeutlich geringgradig und einer deutlich geringgradig lahm. Von 6 ganganalytisch auffälligen Hunden waren 4-mal auch klinisch Hinweise auf eine Lahmheit gegeben, 2-mal waren die ganganalytischen Veränderungen klinisch nicht nachvollziehbar. Bei den übrigen Ganganalysen eigneten sich die Daten nicht für eine vollständige Beurteilung.

Die Ermittlung des Bewegungsumfanges der Ellbogengelenke lieferte weder klinisch noch bei den Patienten, die ganganalytisch untersucht wurden, Hinweise auf beeinträchtigende Bewegungseinschränkungen. Kinematisch zeigten 11 Hunde auf der operierten Seite geringgradige Einschränkungen des Bewegungsumfanges. Bei der goniometrischen Untersuchung waren es 21 Hunde.

Insgesamt lässt sich sagen, dass die chirurgische Versorgung gute Ergebnisse erzielen konnte. Bei 80% der Patienten (gute und zufriedenstellende Ergebnisse berücksichtigt) war die Lahmheit postoperativ verschwunden oder deutlich gebessert. 80% der Tierbesitzer waren mit dem Ausgang der Therapie zufrieden.

Im Hinblick auf die Diagnostik der ED könnten weitere bildgebende Verfahren wie die Magnetresonanztomographie zusätzliche Erkenntnisse liefern. Eine MRT bietet Vorteile in Bezug auf die Darstellbarkeit der knorpeligen Gelenkanteile (Snaps et al. 1997). Bei der MRT wurde von einer höheren Genauigkeit der Diagnose eines FPCMU im Vergleich zur Computertomographie berichtet, speziell wenn es sich um knorpelige Fragmente handelt (Carpenter et al. 1993; Reichle und Snaps 1999). Um auch bei einer Computertomographie Rückschlüsse auf knorpelige Anteile des Ellbogengelenkes und so auf die Kongruenz zu erhalten, wären Kontrastmitteluntersuchungen möglich (Holsworth et al. 2005).

Das Ellbogengelenk ist ein relativ schmales Gelenk, bei dem dünne Schnitte zur Beurteilung notwendig sind. In einer MRT-Studie konnten drei Typen von Veränderungen am PCMU dargestellt werden: Ein dislozierter FPCMU, nichtdislozierte unmineralisierte Fragmente und nichtdislozierte mineralisierte Fragmente (Reichle und Snaps 1999). Nachteilig wirkt sich bei der MRT die Enge des Ellbogengelenkes aus. So lassen sich mittels MRT gegenüberliegende Knorpelschichten nicht getrennt darstellen und Läsionen im Gelenk können nicht mit hoher Sensitivität nachgewiesen werden (Snaps et al. 1998; Schuller et al. 2002). Die Knorpeldicke hat einen großen Einfluss auf die Kongruenz. Die MRT ermöglicht nur eine eindeutige Differenzierung von gegenüberliegendem Knorpel an Stellen, die nicht in Kontakt sind (Janach et al. 2006).

Studien zur Verwendung der MRT in Bezug auf die Biomechanik des Ellbogengelenkes ähnlich den osteoabsorptiometrischen Untersuchungen mittels Computertomographie könnten weitere Daten zur Beanspruchung der unterschiedlichen Gelenkanteile erbringen.

## **VIII. SUMMARY AND PROSPECTS**

### **Elbow dysplasia of the dog - a follow-up study after surgical treatment using diagnostic imaging and force platform analysis**

Elbow dysplasia (ED) is a common disease in dogs. For decades investigations and reports have tried to increase the knowledge on ED, including aetiology, therapy and precaution against ED. In 1989 the International Elbow Working Group was founded. Its objectives are to spread information on the diseases of the elbow joint and to give a detailed standard for screening methods.

To discover more about ED further studies are necessary. The aim of the present study was to evaluate different imaging modalities and to follow up the clinical outcome after surgical treatment.

A further checkup on a total of 55 patients was done. These dogs were treated in the Department of Veterinary Surgery of the LMU of Munich between the years 1999 – 2006 because of lameness relating to the elbow joint. At time of first consultation the average age of the dogs was 3,18 years, with the youngest having 21 weeks and the oldest having 8,5 years. 67 elbow joints were treated surgically. The average checkup time was 2, 65 years, with a minimal follow up time of 6 months and a maximum of 6,65 years.

Extensive diagnostic techniques seem to be useful to achieve good results. Clinical or radiological examination alone sometimes aren't sufficient to see which elbow joint is affected.

Based on x rays all patients were more or less suspected of having elbow dysplasia. On the uncertain cases bone scintigraphy was carried out. In 26 of 27 cases scintigraphy was able to determine the elbow joint as the underlying cause of lameness.

In 45% of the elbow joints computed tomography detected a fragment of the medial coronoid process. A clearly fissure of the medial coronoid process was seen in 26% of the elbows. 10% showed only little degenerative changes. In 19% the computed tomography failed to give a clearly diagnosis.

Follow up radiological examination should give information on the success-quote and the progression of osteoarthritic changes. At time of surgery most patients already showed obvious degenerative changes. Before treatment only 11 of the surgically treated elbows and 19 of the non-treated elbows showed no changes. At time of follow up examination only 2 of the treated elbow joints and 18 of the non-treated elbow joints were free of changes. The other elbow joints, treated or not, showed a progression of arthrosis, in most cases about 1 degree.

As correlation between osteoarthritic changes and functional aspects of the joints is difficult, an accurate clinical examination was also necessary. Force platform gait analysis as an objective method for assessing lameness was carried out on 37 patients to sustain the clinical examination. 20 patients showed no lameness at clinical and force platform gait analysis. In four cases the gait analysis failed to detect a mild clinical lameness.

Four cases of clinical lameness were sustained through force platform analysis. The rest of the gait analyses didn't give enough information for interpretation.

The range of motion of the elbow joints was determined clinically and kinematically. It showed no important restriction. With kinematic analysis and goniometric measurements 11 and 21 dogs respectively had a slightly restriction of the range of motion of the elbow joint.

Altogether the surgical treatment results in this study were good. 80% of the patients (including good and satisfactory results) showed no lameness or a clear improvement at time of follow up. 80% of the owners were satisfied with the outcome.

Concerning the importance of exact diagnosis of elbow dysplasia further imaging modalities would be useful. A promising technique is magnetic resonance imaging.

CT technique measures congruence of subchondral bone and not cartilage. In contrast, MRI provides informations on cartilaginous structures (Snaps et al. 1997).

Detection of medial coronoid process fragmentation seems to be higher with MRI than with CT, especially when there are nonmineralized cartilaginous fragments (Carpenter et al. 1993; Reichle und Snaps 1999).

To overcome this limitation of computed tomography intraarticular contrast enhanced CT would be possible (Holsworth et al. 2005).

The elbow joint requires somewhat specialized MRI techniques because of its small size. Thin contiguous slices must be acquired to resolve minute details.

A MRI study was able to reveal three types of abnormal medial coronoid process: a displaced FMCP, a nondisplaced nonmineralized process and a nondisplaced mineralized process. The disadvantage of MRI is the insufficient spatial resolution on opposite cartilaginous joint layers. Cartilage thickness has a great influence on joint congruency. As MRI is not able to differentiate between cartilage areas that are in contact some lesions are not detectable (Snaps et al. 1998; Schuller et al. 2002; Janach et al. 2006).

Nevertheless, MRI studies regarding biomechanical aspects of the elbow joint, similar to osteoabsorptiometric examinations with computed tomography, would complete the collection of data on the elbow joint.

## IX. APPENDIX 1 - BESITZERFRAGEBOGEN

Tierhalter: \_\_\_\_\_

Patient: \_\_\_\_\_

Bitte Zutreffendes ankreuzen beziehungsweise ergänzen:

<b>Befindet sich Ihr Hund momentan in tierärztlicher Behandlung?</b>	ja nein
<b>Wenn ja, aus welchem Grund?</b>	Lahmheit/ orthopädisches Problem andere Erkrankung
<b>Erhält Ihr Hund derzeit Medikamente (zum Beispiel Rimadyl, Metacam)?</b>	ja nein
<b>Wenn ja, welche Medikamente und wie oft?</b>	

<b>Wie beurteilen Sie die Lahmheit in den ersten Monaten nach der Operation?</b>	besser als vor Operation in etwa gleich schlechter
<b>Wie beurteilen Sie die Lahmheit etwa ein Jahr nach der Operation?</b>	Operation vor weniger als einem Jahr in etwa gleich schlechter besser als vor Operation
<b>War Ihr Hund nach der Operation gut ruhigzuhalten?</b>	ja nein
<b>Erhielt Ihr Hund nach der Operation Medikamente?</b>	ja nein
<b>Wenn ja, welche Medikamente?</b>	

<b>Ging Ihr Hund vor der Behandlung in der Klinik schon längere Zeit lahm, wenn ja, wie lange etwa?</b>	ja, etwa ..... nein erst kurz (bis zu 3 Wochen vor Vorstellung in der Klinik)
<b>Geht Ihr Hund momentan lahm?</b>	ja nein manchmal
<b>Ist die Lahmheit von Zeit zu Zeit schlechter?</b>	ja nein
<b>Wenn ja, bei welchem Ereignis? (Wetterumschwung, nach längerer Ruhephase, nach großer Anstrengung, beim Springen aus dem Auto oder ähnlichem?)</b>	.....

<b>Sind Sie insgesamt mit dem Ergebnis der Behandlung zufrieden?</b>	ja mittelmäßig nein
--	---------------------------

## IX. APPENDIX 2 - UNTERSUCHUNGSPROTOKOLL

Besitzer: \_\_\_\_\_ Patient: \_\_\_\_\_ Datum der Untersuchung: \_\_\_\_\_

<b>Untersuchung in Ruhe/ Adspektion:</b>								
Allg.zustand/ EZ/ KGW in kg								
Gliedermaßenbelastung		gleichmäßig						
		verändert im Sinne von:						
Haltung Extremitäten, Kopf, WS								
Stellung der Gliedermaßen		Varus						
		Valgus						
		Exorotation						
		Endorotation						
		Abduktion						
		Adduktion						
		Hyperextension						
		Hyperflexion						
		sonstiges						
Symmetrie								
Bemuskelung								
sonstiges								
<b>Untersuchung in der Bewegung (Schritt und Trab):</b>								
Lahmheitsgrad (0 – 4)								
betroffene Gliedermaße								
<b>0: keine LH</b> im Schritt und Trab zu erkennen, <b>1: undtl. ggr. LH:</b> keine LH im Schritt, ggr. LH im Trab, <b>2: deutlich ggr. LH:</b> ggr. LH im Schritt, dtl. ggr. LH im Trab, <b>3: mgr. LH:</b> dtl. LH im Schritt, mgr. LH im Trab, <b>4: hochgradige LH:</b> keine Belastung im Schritt und Trab								
<b>Palpation:</b>								
	Schmerzhaftigkeit	Krepitation	ungewönl. Beweglichk.	Seitenbandstabilität	Gelenkfüllung	Bewegungseinschränk.	Bemuskelung	
Schulter								
Ellbogen								
Karpalgelenk								
Zehengelenke								
Coronoidprobe								
sonstiges								
Goniometrie			Stand		Extension		Flexion	
	Schulter	li	re	li	re	li	re	
	Ellbogen	li	re	li	re	li	re	
	Karpus	li	re	li	re	li	re	
andere Lokalisation als Schultergliedm.								

## **X. LITERATURVERZEICHNIS**

**Alexander J. W., Richardson D. C., Selcer B. A.**

Osteochondritis dissecans of the elbow, stifle, and hock: a review.  
J Am Anim Hosp Assoc **1981**; 17: 51-56.

**Barber D. L.**

Imaging: radiography - 1.  
Vet Radiol Ultrasound **1981**; 22 (2): 52-57.

**Barber D. L., Roberts R. E.**

Imaging: nuclear.  
Vet Radiol Ultrasound **1983**; 24 (2): 50-57.

**Bardet J. F.**

Elbow dysplasia: arthroscopic treatment: the french experience.  
Proceedings of the 10<sup>th</sup> Annual ESVOT Congress, Munich, Germany, **2000a**

**Bardet J. F.**

Treatment of the ununited anconeal process under arthroscopy in dogs.  
Proceedings of the 10<sup>th</sup> Annual ESVOT Congress, Munich, Germany, **2000b**

**Bardet J. F.**

Treatment of elbow degenerative joint disease with arthroscopy.  
Proceedings of the 1<sup>st</sup> World Orthopaedic Veterinary Congress, Munich, **2002**

**Bardet J. F.**

How I manage elbow incongruity.  
Proceedings of the 12<sup>th</sup> Annual ESVOT Congress, Munich, Germany, **2004**

**Bardet J. F.**

Surgery to prevent OA - where is the evidence?  
Proceedings of the 13<sup>th</sup> Annual ESVOT Congress, Munich, Germany, **2006**

**Baumer K.**

Wachstumsstörungen und Fehlstellungen der Ossa antebrachii beim Hund.  
Diss. med. vet., München, **1992**.

**Beale B. S., Hulse D. A., Schulz K. S., Whitney W. O.**

Arthroscopic Instrumentarium.  
In: **Beale B. S., Hulse D. A., Schulz K. S., Whitney W. O.** (eds): Small Animal Arthroscopy, 1<sup>st</sup> end., W B Saunders Company, Philadelphia, **2003a**; 5-20.

**Beale B. S., Hulse D. A., Schulz K. S., Whitney W. O.**

Arthroscopically assisted surgery of the elbow joint.  
In: **Beale B. S., Hulse D. A., Schulz K. S., Whitney W. O.** (eds): Small Animal Arthroscopy, 1<sup>st</sup> end., W B Saunders Company, Philadelphia, **2003b**; 51-79.

**Berry C. R.**

Evaluation of the canine elbow for fragmented medial coronoid process.  
Vet Radiol Ultrasound **1992**; 33: 273-276.

**Berzon J. L., Quick C. B.**

Fragmented coronoid process: anatomical, clinical, and radiographic considerations with case analysis.  
J Am Anim Hosp Assoc **1980**; 16: 241-251.

**Beuing R., Mues C. H., Tellhelm B., Erhardt G.**

Prevalence and inheritance of canine elbow dysplasia in German Rottweiler.  
J Anim Breed Genet **2000**; 117: 375-383.

**Böhmer E., Matis U., Waibl H.**

Zur operativen Darstellung des Processus anconaeus ulnae beim Hund (Modifikation des Zuganges von Chalman und Slocum).  
Tierärztl Prax **1987**; 15 (K): 425-429.

**Bonath K. H., Prieur W. D.**

Osteochondrosekomplex am Ellbogen.

In: **Bonath K. H., Prieur W. D.** (Hrsg.): Kleintierkrankheiten. Bd. 3, Ulmer, Stuttgart, **1998**; 394-395.

**Böttcher P., Zeißler M., Winkels P., Ludewig E., Maierl J., Grevel V.**

Mosaikplastik am Ellbogengelenk eines Hundes. Technik des osteochondralen Transfers und Einschätzung der resultierenden Gelenkkongruenz mittels Computertomographie und computer-tomographischer Osteoabsorptiometrie.  
Tierärztl Prax **2007**; 35 (K): 253-260.

**Boudrieau R. J., Hohn R. B., Bardet J. F.**

Osteochondritis dissecans of the elbow in the dog.  
J Am Anim Hosp Assoc **1983**; 19: 627-635.

**Boulay J. P.**

Fragmented medial coronoid process of the ulna in the dog.  
Vet Clin North Am Small Anim Pract **1998**; 28 (1): 51-74.

**Braden T. D., Stickle R. L., Dejardin L. M., Mostosky U. V.**

The use of computed tomography in fragmented coronoid disease: a case report.  
Vet Comp Orthop Traumatol **1994**; 7: 40-44.

**Brawner W. R., Daniel G. B.**

Nuclear imaging.

Vet Clin North Am Small Anim Pract **1993**; 23 (2): 379-398.

**Brebner N. S., Moens N. M., Runciman J. R.**

Evaluation of a treadmill with integrated force plates for kinetic gait analysis of sound and lame dogs at a trot.  
Vet Comp Orthop Traumatol **2006**; 19 (4): 205-212.

**Breit S., Künzel W., Seiler S.**

On the weight-bearing function of the medial coronoid process in dogs.  
Anat Histol Embryol **2005a**; 35 (1): 7-12.

**Breit S., Künzel W., Seiler S.**

Postnatal modelling of the humeroantibrachial contact areas of radius and ulna in dogs.  
Anat Histol Embryol **2005b**; 34 (4): 258-264.

**Brüggemann G. P.**

How do kinematic and force plate analyses complement each other.

Proceedings of the 1<sup>st</sup> World Orthopaedic Veterinary Congress, Munich, Germany, **2002**



**Brunnberg L., Allgoewer I.**

Age-related results of the treatment of elbow dysplasia (FCP) in the Bernese Mountain Dog. Proceedings of the 7<sup>th</sup> Annual Meeting of the International Elbow Working Group, Constance, Germany, 1995.

Vet Comp Orthop Traumatol **1996**; 9 (2): 65-66.

**Brunnberg L., Viehmann B., Waibl H.**

Computergestützte Auswertung von Röntgenbildern zur Erfassung von Parametern der Ellbogengelenksdysplasie - Teil 2: Stufenbildungen im Gelenk.

Kleintierpraxis **1999**; 44 (9): 633-646.

**Budras K. D., Fricke W.**

Synoviale Einrichtungen der Schultergliedmaße.

In: **Budras K. D., Fricke W.** (Hrsg.): Atlas der Anatomie des Hundes, Schlütersche, Hannover, **1996**; 26.

**Budsberg S.**

Is force plate analysis the answer to lameness evaluation.

Proceedings of the 1<sup>st</sup> World Orthopaedic Veterinary Congress, Munich, Germany, **2002**

**Büll U., Keyl W., Meister P., Pfeifer J. P., Hartel P.**

Wertigkeit der „Region of Interest“-Technik in der skelettszintigraphischen Diagnostik primärer Knochentumoren.

Radiologie **1981**; 21: 46-51.

**Burton N. J., Comerford E. J., Bailey M., Peard M. J., Owen M. R.**

Digital analysis of ulnar trochlear notch sclerosis in Labrador retrievers.

J Small Anim Pract **2007**; 48 (4): 220-224.

**Campbell J. R.**

Nonfracture injuries to the canine elbow.

J Am Vet Med Assoc **1969**; 155 (5): 735-744.

**Carlson W. D., Severin G.**

Elbow dysplasia in the dog.

J Am Vet Med Assoc **1961**; 138: 295-297.

**Carpenter L. G., Schwarz P. D., Lowry J. E., Park R. D., Steyn P. F.**

Comparison of radiologic imaging techniques for diagnosis of fragmented medial coronoid process of the cubital joint in dogs.

J Am Vet Med Assoc **1993**; 203 (1): 78-83.

**Carrera I., Hammond G., Sullivan M.**

Computed tomographic features of the incomplete ossification of the humeral condyles.

Annual Meeting of the European Association of Veterinary Diagnostic Imaging Porto Carras, Chalkidiki, Greece, **2007**

**Carrera I., Hammond G., Sullivan M.**

Computed tomographic features of incomplete ossification of the canine humeral condyle.

Vet Surg **2008**; 37 (3): 226-231.

**Chalman J. A., Slocum B.**

The caudolateral approach to the canine elbow joint.

J Am Anim Hosp Assoc **1983**; 19: 637-641.

**Conzemius M. G.**

Total elbow replacement in the dog.

Proceedings of the 1<sup>st</sup> World Orthopaedic Veterinary Congress, Munich, Germany, 2002

**Conzemius M. G., Aper R. L., Corti L. B.**

Short-term outcome after total elbow arthroplasty in dogs with severe, naturally occurring osteoarthritis.

Vet Surg 2003; 32 (6): 545-552.

**Cook J. L.**

Forelimb lameness in the young patient.

Vet Clin North Am Small Anim Pract 2001; 31 (1): 55-83.

**Corley E. A., Carlson W. D.**

Radiographic, genetic, and pathologic aspects of elbow dysplasia.

J Am Vet Med Assoc 1965; 147: 1651.

**Danielson K. C., Fitzpatrick N., Muir P., Manley P. A.**

Histomorphometry of fragmented medial coronoid process in dogs: a comparison of affected and normal coronoid processes.

Vet Surg 2006; 35 (6): 501-509.

**De Camp C. E.**

Kinetic and kinematic gait analysis and the assessment of lameness in the dog.

Vet Clin North Am Small Anim Pract 1997; 27 (4): 825-840.

**De Camp C. E.**

Is kinematic gait analysis necessary?

Proceedings of the 1<sup>st</sup> World Orthopaedic Veterinary Congress, Munich, Germany, 2002

**De Camp C. E., Soutas-Little R. W., Hauptman J., Olivier B., Braden T., Walton A.**

Kinematic gait analysis of the trot in healthy greyhounds.

Am J Vet Res 1993; 54 (4): 627-634.

**De Rycke L. M., Gielen I., Van Bree H., Simoens P. J.**

Computed tomography of the elbow joint in clinically normal dogs.

Am J Vet Res 2002; 63 (10): 1400-1407.

**Eißler B.**

Skelettszintigraphie beim Hund.

Tierärztl Prax 1999; 27: 303-308.

**Engelke A., Behrends I., Fehr M., Meyer-Lindenberg A.**

Skelettszintigraphie und Arthroskopie, diagnostische Verfahren zur Abklärung einer Lahmheitsursache beim Hund.

Tierärztl Prax 1996; 24: 505-510.

**Fanchon L., Valette J. P., Sanaa M., Grandjean D.**

The measurement of ground reaction force in dogs trotting on a treadmill: an investigation of habituation.

Vet Comp Orthop Traumatol 2006; 19 (2): 81-86.

**Fehr M., Gerdwilker A., Meyer-Lindenberg A.**

Häufige und weniger häufige Röntgenbefunde des Ellbogengelenks des Hundes.

Kleintierpraxis 2006; 51 (7/ 8): 370-378.

**Fitzpatrick N.**

Decision making and long-term outcome measures in dogs treated for disease of the medial coronoid process by fragment removal and subtotal coronoid ostectomy.  
Proceedings Advanced Arthroscopy Wetlab, Munich, Germany, **2007**

**Flo G. L.**

Surgical removal of fragmented coronoid processes and fractured anconeal process in an older dog with evidence of severe degenerative joint disease.  
J Am Vet Med Assoc **1998**; 213 (12): 1780-1782.

**Flückiger M.**

Ellbogendysplasie ist erblich.  
Vet Impulse **2005**; 14 (11): 4.

**Flückiger M.**

Elbow dysplasia: correct radiographic technique and film interpretation.  
22<sup>th</sup> Annual Meeting of the International Elbow Working Group, Munich, Germany, **2007**

**Fox S. M.**

Pathophysiology of osteoarthritic pain.  
Proceedings of the 1<sup>st</sup> World Orthopaedic Veterinary Congress, Munich, Germany, **2002**

**Fox S. M., Bloomberg M. S., Bright R. M.**

Developmental anomalies of the canine elbow.  
J Am Anim Hosp Assoc **1983**; 19: 605-615.

**Fujita Y., Schulz K. S., Mason D. R., Kass P. H., Stover S. M.**

Effect of humeral osteotomy on joint surface contact in canine elbow joints.  
Am J Vet Res **2003**; 64 (4): 506-511.

**Gemmill T. J., Clements D. N.**

Fragmented coronoid process in the dog: is there a role for incongruency?  
J Small Anim Pract **2007**; 48 (7): 361-368.

**Gemmill T. J., Hammond G., Mellor D., Sullivan M., Bennett D., Carmichael S.**

Use of reconstructed computed tomography for the assessment of joint spaces in the canine elbow.  
J Small Anim Pract **2006**; 47 (2): 66-74.

**Gemmill T. J., Mellor D. J., Clements D. N., Clarke S. P., Farrell M., Bennett D., Carmichael S.**

Evaluation of elbow incongruency using reconstructed CT in dogs suffering fragmented coronoid process.  
J Small Anim Pract **2005**; 46 (7): 327-333.

**Gibbs C.**

Epicondylar lesions of the canine elbow: a retrospective study of 20 cases. 12<sup>th</sup> Meeting of the International Veterinary Radiology Association, Obihiro-Japan, 2000.  
Vet Radiol Ultrasound **2001**; 42 (2): 170.

**Gielen I., Van Rijssen B., Buijtsels J., Lückcrath R., Van Bree H.**

Canine elbow incongruity evaluated with computerised tomography (CT), radiography and arthroscopy. Annual Meeting of the European Association of Veterinary Diagnostic Imaging and the European College of Veterinary Diagnostic Imaging Paris, France, 2001.  
Vet Radiol Ultrasound **2001**; 42: 359.

**Gielen I., Van Ryssen B., Van Bree H.**

Arthrology - Diagnostic imaging: is CT the answer?

Proceedings of the 12<sup>th</sup> Annual ESVOT Congress, Munich, **2004**

**Görtz K., Van Ryssen B., Taeymans O., Van Heerden M., Gielen I., Risselada M.**

Traumatic fracture of the medial coronoid process in a dog. Radiographic, computed tomographic, arthroscopic and histological findings.

Vet Comp Orthop Traumatol **2004**; 3: 159-162.

**Grøndalen J.**

Malformation of the elbow joint in an Afghan hound litter.

J Small Anim Pract **1973**; 14 (2): 83-89.

**Grøndalen J.**

Occurrence and genetic aspects of elbow dysplasia. Proceedings of the 7<sup>th</sup> Annual Meeting of the International Elbow Working Group, Constance, Germany, 1995.

Vet Comp Orthop Traumatol **1996**; 9 (2): 60-61.

**Grøndalen J., Braut T.**

Lameness in two young dogs caused by a calcified body in the joint capsule of the elbow.

J Small Anim Pract **1976**; 17 (10): 681-684.

**Grøndalen J., Lingaas F.**

Arthrosis in the elbow joint of young rapidly growing dogs: a genetic investigation.

J Small Anim Pract **1991**; 32: 460-464.

**Gutbrod F., Festl D.**

Operative Therapie der Fraktur des Processus coronoideus medialis ulnae und klinische Ergebnisse.

Kleintierpraxis **1999**; 44 (6): 405-420.

**Guthrie S.**

Use of a radiographic scoring technique for the assessment of dogs with elbow osteochondrosis.

J Small Anim Pract **1989**; 30: 639-644.

**Guthrie S., Pidduck H. G.**

Heritability of elbow osteochondrosis within a closed population of dogs.

J Small Anim Pract **1990**; 31: 93-96.

**Guthrie S., Plummer J. M., Vaughan L. C.**

Aetiopathogenesis of canine elbow osteochondrosis: a study of loose fragments removed at arthrotomy.

Res Vet Sci **1992a**; 52 (3): 284-291.

**Guthrie S., Plummer J. M., Vaughan L. C.**

Post natal development of the canine elbow joint: a light and electron microscopical study.

Res Vet Sci **1992b**; 52 (1): 67-71.

**Hanlon G. F.**

Additional radiographic observations on elbow dysplasia in the dog.

J Am Vet Med Assoc **1969**; 155 (12): 2045-2046.

**Hathcock J. T., Stickle R. L.**

Principles and concepts of computed tomography.

Vet Clin North Am Small Anim Pract **1993**; 23 (2): 399-415.

**Haudiquet P. H., Rochereau P. H.**

A specific oblique radiography, and treatment, of a medial coronoid process fracture.  
Vet Comp Orthop Traumatol **2007**; 20 (4): 331-334.

**Hazewinkel H. A. W.**

Disease-modifying drugs in canine osteoarthritis.  
Proceedings of the 13<sup>th</sup> Annual ESVOT Congress, Munich, Germany, **2006**

**Hazewinkel H. A. W.**

Elbow dysplasia, definition and known aetiologies.  
22<sup>th</sup> Annual Meeting of the International Elbow Working Group, Munich, Germany, **2007**

**Hazewinkel H. A. W., Meij B. P., Nap R. C., Dijkshoorn N. E., Ubbink G., Wolvekamp W. T. C.**

Radiographic views for elbow dysplasia screening in Bernese Mountain Dogs. Proceedings of the 7<sup>th</sup> Annual Meeting of the International Elbow Working Group, Constance, Germany, 1995.  
Vet Comp Orthop Traumatol **1996**; 9 (2): 66-68.

**Hazewinkel H. A. W., Theyse L. F. H., Meij B. P.**

Non-surgical treatment of elbow dysplasia.  
Proceedings of the 10<sup>th</sup> Annual ESVOT Congress, Munich, Germany, **2000**

**Henry W. B.**

Radiographic diagnosis and surgical management of fragmented medial coronoid process in dogs.  
J Am Vet Med Assoc **1984**; 184 (7): 799-805.

**Hofmann D.**

Ganganalytisches Profil verschiedener Gelenkerkrankungen beim Hund: Kreuzbandruptur, Hüft dysplasie, Fragmentierter Processus coronoideus, Isolierter Processus anconaeus.  
Diss. med. vet., München, **2002**.

**Holsworth I. G.**

How I manage elbow incongruity.  
Proceedings of the 12<sup>th</sup> Annual ESVOT Congress, Munich, Germany, **2004**

**Holsworth I. G., Wisner E. R., Scherrer W. E., Filipowicz D., Kass P. H., Pooya H., Larson R. F., Schulz K. S.**

Accuracy of computerized tomographic evaluation of canine radio-ulnar incongruence in vitro.  
Vet Surg **2005**; 34 (2): 108-113.

**Hornof W. J., Wind A. P., Wallack S. T., Schulz K. S.**

Canine elbow dysplasia. The early radiographic detection of fragmentation of the coronoid process.  
Vet Clin North Am Small Anim Pract **2000**; 30 (2): 257-266.

**Hottinger H. A., De Camp C. E., Olivier N. B., Hauptman J. G., Soutas-Little R. W.**

Noninvasive kinematic analysis of the walk in healthy large-breed dogs.  
Am J Vet Res **1996**; 57 (3): 381-388.

**Houlton J. E. F.**

What is the significance of medial epicondylar lesions in the dog?  
Proceedings of the 12<sup>th</sup> Annual ESVOT Congress, Munich, Germany, **2004**

**Innes J. F.**

Advanced arthroscopy in dogs: current experience in UK.  
Proceedings of the 10<sup>th</sup> Annual ESVOT Congress, Munich, Germany, **2000**

**Jaegger G., Marcellin-Little D. J., Levine D.**

Reliability of goniometry in Labrador Retrievers.  
Am J Vet Res **2002**; 63 (7): 979-986.

**Janach K. J., Breit S. M., Künzel W. W. F.**

Assessment of the geometry of the cubital (elbow) joint of dogs by use of magnetic resonance imaging.  
Am J Vet Res **2006**; 67 (2): 211-217.

**Janthur I., Meyer-Lindenberg A., Fehr M.**

Arthroskopische Diagnostik von Ellbogengelenkerkrankungen des Hundes.  
Tierärztl Prax **2000**; 28 (K): 11-18.

**Janutta V., Hamann H., Klein S., Tellhelm B., Distl O.**

Genetic evaluation of elbow angles as predictors of elbow dysplasia in German shepherd dogs.  
J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med **2005**; 52 (5): 254-261.

**Janutta V., Hamann H., Klein S., Tellhelm B., Distl O.**

Genetic analysis of three different classification protocols for the evaluation of elbow dysplasia in German shepherd dogs.  
J Small Anim Pract **2006**; 47 (2): 75-82.

**Jorda C.**

Skelettszintigraphie beim Kleintier an der Chirurgischen Tierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München - Katamnestiche Erhebungen bei 363 Hunden und vier Katzen.  
Diss. med. vet., München, **1999**.

**Jorda C., Adriany E., Matis U.**

Gemischte Lahmheit der rechten Schultergliedmaße bei einem Hund.  
Tierärztl Prax **2004**; 32 (K): 27-29, 35-39.

**Jorda C., Matis U.**

Bone scintigraphy: an early indicator of disease or the last hope for a diagnosis?  
Proceedings of the 12<sup>th</sup> Annual ESVOT Congress, Munich, Germany, **2004**

**Kapatkin A. S., Arbittier G., Kass P. H., Gilley R. S., Smith G. K.**

Kinetic gait analysis of healthy dogs on two different surfaces.  
Vet Surg **2007**; 36 (6): 605-608.

**Kapatkin A. S., Volk S. W., Keith D. G., McLear R. C., Smith G. K.**

Elbow dysplasia in a Basset Hound. A case report following serial radiographic, computed tomographic and arthroscopic findings.  
Vet Comp Orthop Traumatol **2003**; 1: 11-15.

**Kasström H., Ljunggren G., Olsson S. E.**

Growth disturbances of the ulna in dogs. Abstracts of third international conference.  
Vet Radiol Ultrasound **1973**; 14 (1): 6-6.

**Keller G. G., Kreeger J. M., Mann F. A., Lattimer J. C.**

Correlation of radiographic, necropsy and histologic findings in 8 dogs with elbow dysplasia.

Vet Radiol Ultrasound **1997**; 38 (4): 272-276.

**Kippenes H., Johnston G.**

Diagnostic imaging of osteochondrosis.

Vet Clin North Am Small Anim Pract **1998**; 28 (1): 137-160.

**Körbel J.**

Ellbogengelenkdysplasie (ED) des Hundes - eine computertomographische und CT-osteabsorptiometrische Studie.

Diss. med. vet., München, **2000**.

**Kramer A., Holsworth I. G., Wisner E. R., Kass P. H., Schulz K. S.**

Computed tomographic evaluation of canine radioulnar incongruence in vivo.

Vet Surg **2006**; 35 (1): 24-29.

**Künzel W., Breit S., Probst A.**

The subchondral split line patterns of the medial coronoid process in canine ulnae.

Anat Histol Embryol **2004**; 33 (6): 339-343.

**LaFond E., Breur G. J., Austin C. C.**

Breed susceptibility for developmental orthopedic diseases in dogs.

J Am Anim Hosp Assoc **2002**; 38: 467-477.

**Lamb C. R.**

Bone scintigraphy in small animals.

J Am Vet Med Assoc **1987**; 191 (12): 1616-1622.

**Lang J., Busato A., Baumgartner D., Flückiger M.**

Comparison of two classification protocols in the evaluation of elbow disease in the Bernese Mountain Dog. Annual Meeting of the International Elbow Working Group, Philadelphia, 1994.

Vet Radiol Ultrasound **1995**; 36 (2): 170.

**Lang J., Busato A., Baumgartner D., Flückiger M., Weber U. T.**

Comparison of two classification protocols in the evaluation of elbow dysplasia in the dog.

J Small Anim Pract **1998**; 39 (4): 169-174.

**Liebich H. G., König H. E.**

Verbindungen der Knochen der Schultergliedmaße.

In: **König H. E., Liebich H. G.** (Hrsg.): Anatomie der Haussäugetiere. Bd. 1, Schattauer, München, **1999**; 154-157.

**Loeffler K.**

Der isolierte Processus anconaeus beim Deutschen Schäferhund.

Dtsch Tierarztl Wochenschr **1963**; 70 (12): 317-321.

**Loeffler K.**

Fachinfo: Hinweise zur Untersuchung auf Ellbogengelenkdysplasie.

Deutsches Tierärzteblatt **1997**; 12: 1182.

**Lozier S. M.**

How I treat elbows in the older canine patient and new prospectives in elbow dysplasia.

Proceedings of the 13<sup>th</sup> Annual ESVOT Congress, Munich, Germany, **2006**

**Mahoney P. N., Lamb C. R.**

Articular, periarticular and juxtaarticular calcified bodies in the dog and cat: a radiologic review.

Vet Radiol Ultrasound **1996**; 37: 3-19.

**Maierl J., Böttcher P., Liebich H. G.**

Is the elbow joint of the dog really congruous? 6<sup>th</sup> Symposium of the Jumelage, Munich-Toulouse.

Tierärztl Prax **1999**; 27 (K): 79.

**Maierl J., Böttcher P., Liebich H. G.**

Is incongruity pathological?

Proceedings of the 12<sup>th</sup> Annual ESVOT Congress, Munich, Germany, **2004**

**Maierl J., Hecht S., Böttcher P., Matis U., Liebich H. G.**

New aspects of the functional anatomy of the canine elbow joint.

Proceedings of the 10<sup>th</sup> Annual ESVOT Congress, Munich, Germany, **2000**

**Marcellin-Little D. J.**

Physical rehabilitation of stifle and elbow joints.

Proceedings of the 12<sup>th</sup> Annual ESVOT Congress, Munich, Germany, **2004**

**Mason D. R., Schulz K. S., Fujita Y., Kass P. H., Stover S. M.**

In vitro force mapping of normal canine humeroradial and humeroulnar joints.

Am J Vet Res **2005**; 66 (1): 132-135.

**Mason D. R., Schulz K. S., Fujita Y., Kass P. H., Stover S. M.**

Measurement of humeroradial and humeroulnar transarticular joint forces in the canine elbow joint after humeral wedge and humeral slide osteotomies.

Vet Surg **2008**; 37 (1): 63-70.

**Mason D. R., Schulz K. S., Samii V. F., Fujita Y., Hornof W. J., Herrgesell E. J., Long C. D., Morgan J. P., Kass P. H.**

Sensitivity of radiographic evaluation of radio-ulnar incongruence in the dog in vitro.

Vet Surg **2002**; 31 (2): 125-132.

**Matis U.**

Management of the UAP by internal fixation.

Proceedings of the 10<sup>th</sup> Annual ESVOT Congress, Munich, Germany, **2000**

**Mc Laughlin R. M.**

Kinetic and kinematic gait analysis in dogs.

Vet Clin North Am Small Anim Pract **2001**; 31 (1): 193-201.

**McLaughlin R. M.**

Kinetic and kinematic gait analysis in dogs.

Vet Clin North Am Small Anim Pract **2001**; 31 (1): 193-201.

**Meij B. P., Hazewinkel H. A. W.**

Treatment of canine elbow dysplasia. Proceedings of the 7<sup>th</sup> Annual Meeting of the International Elbow Working Group, Constance, Germany, 1995.

Vet Comp Orthop Traumatol **1996**; 9 (2): 61-63.

**Metcalf M. R.**

Preliminary clinical use of combined blood pool and bone phase radionuclide imaging in dogs.

Vet Radiol Ultrasound **1985**; 26 (4): 117-122.



**Meutstege F. J.**

Aims of the International Elbow Working Group. Proceedings of the 7<sup>th</sup> Annual Meeting of the International Elbow Working Group, Constance, Germany, 1995.  
Vet Comp Orthop Traumatol **1995**; 9 (2): 58.

**Meyer-Lindenberg A.**

How I manage elbow incongruity.  
Proceedings of the 12<sup>th</sup> Annual ESVOT Congress, Munich, Germany, **2004**

**Meyer-Lindenberg A., Fehr M., Nolte I.**

Co-existence of ununited anconeal process and fragmented medial coronoid process of the ulna in the dog.  
J Small Anim Pract **2006a**; 47 (2): 61-65.

**Meyer-Lindenberg A., Heinen V., Fehr M., Nolte I.**

Incomplete ossification of the humeral condyle as the cause of lameness in dogs.  
Vet Comp Orthop Traumatol **2002a**; 15: 187-194.

**Meyer-Lindenberg A., Heinen V., Hewicker-Trautwein M., Nolte I.**

Vorkommen und Behandlung von knöchernen Metaplasien in den am medialen Epikondylus des Humerus entspringenden Beugesehnen beim Hund.  
Tierärztl Prax **2004**; 32 (K): 276-285.

**Meyer-Lindenberg A., Iden K., Langhann A., Heinen V.**

How I manage the painful elbow in the old dog.  
Proceedings of the 13<sup>th</sup> Annual ESVOT Congress, Munich, Germany, **2006b**

**Meyer-Lindenberg A., Nolte I., Fehr M.**

Der isolierte Processus anconaeus: Retro- und prospektive Untersuchungen zur operativen Behandlung.  
Tierärztl Prax **1999**; 27 (K): 309-320.

**Meyer-Lindenberg A., Staszky C., Gasse H., Fehr M., Nolte I.**

Caudomedial approach for removal of an ununited anconeal process and assessment of the medial coronoid process of the ulna.  
J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med **2002b**; 49 (5): 277-280.

**Montavon P. M., Savoldelli D.**

Klinische und radiologische Evaluation der Integrität des medialen und lateralen Kollateralbandes des Ellbogens beim Hund.  
Schweiz Arch Tierheilkd **1995**; 137 (10): 475-479.

**Morgan R. V., Griffiths R. C.**

Traumatic elbow deformity in the dog: a case report.  
J Am Anim Hosp Assoc **1981**; 17: 455-461.

**Murgia D., Matis U., Jorda C., Adrian E.**

Szintigraphie, Computertomographie und computerisierte Ganganalyse bei der Sesamoidose des Hundes.  
Tierärztl Prax **2005**; 33 (K): 167-176.

**Nap R. C.**

Pathophysiology and clinical aspects of canine elbow dysplasia. Proceedings of the 7<sup>th</sup> Annual Meeting of the International Elbow Working Group, Constance, Germany, 1995.  
Vet Comp Orthop Traumatol **1995**; 9 (2): 58-61.

**Ness M. G.**

Treatment of fragmented coronoid process in young dogs by proximal ulnar osteotomy.  
J Small Anim Pract **1998**; 39 (1): 15-18.

**O' Brien T. R., Wortman J. A.**

Skeletal imaging in the canine. Abstracts of Third International Conference.  
Vet Radiol Ultrasound **1973**; 14 (1): 9-9.

**Off W., Matis U.**

Ganganalyse beim Hund: Teil 1.  
Tierärztl Prax **1997a**; 25 (K): 8-14.

**Off W., Matis U.**

Ganganalyse beim Hund: Teil 2.  
Tierärztl Prax **1997b**; 25 (K): 303-311.

**Olsson S. E.**

Osteochondrosis dissecans in the dog. Abstracts of Third International Conference.  
Vet Radiol Ultrasound **1973**; 14 (1): 4-4.

**Olsson S. E.**

The early diagnosis of fragmented coronoid process and osteochondritis dissecans of the canine elbow joint.  
J Am Anim Hosp Assoc **1983**; 19: 616-626.

**Owen M. R., Richards J., Clements D. N., Drew S. T., Bennett D., Carmichael S.**

Kinematics of the elbow and stifle joints in greyhounds during treadmill trotting - An investigation of familiarisation.  
Vet Comp Orthop Traumatol **2004**; 3: 141-145.

**Peirone B., Mancarella E., Magni G., Vezzoni A.**

Early treatment in congenital elbow luxation.  
Proceedings of the 12<sup>th</sup> Annual ESVOT Congress, Munich, Germany, **2004**

**Pobisch R., Geres V., Arbesser E.**

Ellbogengelenkdysplasie beim Hund.  
Wien Tierärztl Monatsschr **1972**; 59. Jahrgang (10): 297-307.

**Puccio M., Marino D. J., Stefanacci J. D., McKenna B.**

Clinical evaluation and long-term follow-up of dogs having coronoidectomy for elbow incongruity.  
J Am Anim Hosp Assoc **2003**; 39 (5): 473-478.

**Punzet G.**

Ellbogengelenkdysplasie mit isoliertem Processus anconaeus - eine neue Möglichkeit der chirurgischen Behandlung.  
Kleintierpraxis **1973**; 18 (5): 121-148.

**Read R. A., Armstrong S. J., Black A. P., Macpherson G. C., Yovich J. C., Davey T.**

Relationship between physical signs of elbow dysplasia and radiographic score in growing Rottweilers.  
J Am Vet Med Assoc **1996**; 209 (8): 1427-1430.

**Read R. A., Armstrong S. J., O' Keefe J. D., Eger C. E.**

Fragmentation of the medial coronoid process of the ulna in dogs: a study of 109 cases.  
J Small Anim Pract **1990**; 31: 330-334.

**Reichle J. K., Park R. D., Bahr A. M.**

Computed tomographic findings of dogs with cubital joint lameness.  
Vet Radiol Ultrasound **2000**; 41 (2): 125-130.

**Reichle J. K., Snaps F.**

The elbow.  
Clin Tech Small Anim Pract **1999**; 14 (3): 177-186.

**Rieker O., Mildenerger P., Rudig L., Schweden F., Thelen M.**

3-D-CT von Frakturen: Vergleich von Volumen- und Oberflächen-Rekonstruktionen.  
Rofo **1998**; 169 (5): 490-494.

**Robins G. M.**

Some aspects of the radiographical examination of the canine elbow joint.  
J Small Anim Pract **1980**; 21 (8): 417-428.

**Rovesti G. L., Biasibetti M., Schumacher A., Fabiani M.**

The use of the computed tomography in the diagnostic protocol of the elbow in the dog: 24 joints.  
Vet Comp Orthop Traumatol **2002**; 15 (1): 35-43.

**Roy R. G., Wallace L. J., Johnston G. R.**

A retrospective long-term evaluation of ununited anconeal process excision on the canine elbow.  
Vet Comp Orthop Traumatol **1994**; 7: 94-97.

**Samoy Y., Van Ryssen B., Gielen I., Walschot N., Van Bree H.**

Review of the literature: elbow incongruity in the dog.  
Vet Comp Orthop Traumatol **2006**; 19 (1): 1-8.

**Scartazzini R.**

Ellbogengelenks-Dysplasie beim Hund.  
Schweiz Arch Tierheilkd **1969**; 111 (5): 271-281.

**Schawalder P.**

Osteochondrosekomplex am Ellbogen.  
21. Jahresversammlung der Schweizerischen Vereinigung für Kleintiermedizin, Biel, **1990**

**Schleich S.**

Ellbogengelenk (Teil 1): Fragmentierter Processus coronoideus medialis ulnae.  
Kleintier Konkret **1998**; 6 (98): 21-27.

**Schleich S.**

Fragmentierter Processus coronoideus medialis ulnae: Primäre röntgenologische Veränderungen.  
Kleintier Konkret **1999**; 2 (99): 34-38.

**Schuller S., Maierl J., Liebich H. G.**

Magnetic resonance imaging of the canine shoulder and elbow joint.  
Proceedings of the 1<sup>st</sup> World Orthopaedic Veterinary Congress, Munich, Germany, **2002**

**Schwarz T., Johnson V. S., Voute L., Sullivan M.**

Bone scintigraphy in the investigation of occult lameness in the dog.  
J Small Anim Pract **2004**; 45 (5): 232-237.

**Selcer B. A.**

Imaging: bone.

Vet Radiol Ultrasound **1983**; 24 (6): 243-250.

**Servet E., Marniquet P., Biourge V.**

Osteoarthritis - Diätetik zur Verbesserung der klinischen Symptome.

Kleintier Konkret **2007**; S1 (2007): 30-34.

**Sjöström L.**

Ununited anconeal process in the dog.

Vet Clin North Am Small Anim Pract **1998**; 28 (1): 75-86.

**Sjöström L., Kasström H., Kallberg M.**

Ununited anconeal process in the dog. Pathogenesis and treatment by osteotomy of the ulna.

Vet Comp Orthop Traumatol **1995**; 8: 170-176.

**Snaps F. R., Balligand M. H., Saunders J. H., Park R. D., Dondelinger R. F.**

Comparison of radiography, magnetic resonance imaging, and surgical findings in dogs with elbow dysplasia.

Am J Vet Res **1997**; 58 (12): 1367-1370.

**Snaps F. R., Saunders J. H., Park R. D., Daenen B., Balligand M. H., Dondelinger R. F.**

Comparison of spin echo, gradient echo and fat saturation magnetic resonance imaging sequences for imaging the canine elbow.

Vet Radiol Ultrasound **1998**; 39 (6): 518-523.

**Stickle R. L., Hathcock J. T.**

Interpretation of computed tomographic images.

Vet Clin North Am Small Anim Pract **1993**; 23 (2): 417-435.

**Stiern R. A.**

Ectopic sesamoid bones at the elbow (patella cubiti) of the dog.

J Am Vet Med Assoc **1956**; 128 (10): 498-501.

**Tellhelm B.**

Internationales Zertifikat der IEWG/ Einteilung Arthrosegrade.

Persönliche Mitteilung, 2006.

**Tellhelm B.**

The IEWG Screening Protocol for Elbow Dysplasia.

22<sup>th</sup> Annual Meeting of the International Elbow Working Group, Munich, Germany, **2007**

**Theyse L. F. H.**

How I manage elbow incongruity.

Proceedings of the 12<sup>th</sup> Annual ESVOT Congress, Munich, Germany, **2004**

**Theyse L. F. H., Hazewinkel H. A. W.**

A prospective study of the surgical treatment of unilateral fragmented medial coronoid process using force plate analysis.

Proceedings of the 10<sup>th</sup> Annual ESVOT Congress, Munich, Germany, **2000**

**Theyse L. F. H., Hazewinkel H. A. W., Van den Brom W. E.**

Force plate analysis before and after surgical treatment of unilateral fragmented coronoid process.

Vet Comp Orthop Traumatol **2000**; 13: 135-140.

**Theyse L. F. H., Voorhout G., Hazewinkel H. A. W.**

Prognostic factors in treating antebrachial growth deformities with a lengthening procedure using a circular external skeletal fixation system in dogs.  
Vet Surg **2005**; 34 (5): 424-435.

**Tietz E.**

Über die frühzeitige Erkennung der Coronoidfraktur beim Berner Sennenhund und beim Großen Schweizer Sennenhund.  
Diss. med. vet., Berlin, **1997**.

**Tirgari M.**

Clinical radiographical and pathological aspects of arthritis of the elbow joint in dogs.  
J Small Anim Pract **1974**; 15 (11): 671-679.

**Tirgari M.**

Clinical, radiographical and pathological aspects of ununited medial coronoid process of the elbow joint in dogs.  
J Small Anim Pract **1980**; 21 (11): 595-608.

**Tromblee T. C., Jones J. C., Bahr A. M., Shires P. K., Aref S.**

Effect of computed tomography display window and image plane on diagnostic certainty for characteristics of dysplastic elbow joints in dogs.  
Am J Vet Res **2007**; 68 (8): 858-871.

**Ubbink G. J., Hazewinkel H. A. W., Van de Broek J., Rothuizen J.**

Familial clustering and risk analysis for fragmented coronoid process and elbow joint incongruity in Bernese Mountain Dogs in The Netherlands.  
Am J Vet Res **1999**; 60 (9): 1082-1087.

**Ubbink G. J., Hazewinkel H. A. W., Wolvekamp W. T. C., Rothuizen J., Van de Broek J.**

Preliminary results of the genetic analysis of the ED program of the Dutch seeing eyes dogs. Proceedings of the 7<sup>th</sup> Annual Meeting of the International Elbow Working Group, Constance, Germany, 1995.  
Vet Comp Orthop Traumatol **1996**; 9 (2): 69-70.

**Van Bree H., Van Ryssen B.**

Diagnostic and surgical arthroscopy of the canine elbow. Proceedings of the 7<sup>th</sup> Annual Meeting of the International Elbow Working Group, Constance, Germany, 1995.  
Vet Comp Orthop Traumatol **1996**; 9 (2): 63-64.

**Van Bree H., Van Ryssen B., Gielen I.**

Treatment of FCP: the Belgian experience.  
Proceedings of the 10<sup>th</sup> Annual ESVOT Congress, Munich, Germany, **2000**

**Van Bruggen L. W. L., Hazewinkel H. A. W., Wolschrijn C. F., Voorhout G., Pollak Y., Barthez P. Y.**

The value of scintigraphy and radiology for the diagnosis of fragmented coronoid process in dogs.  
Annual Meeting of the European Association of Veterinary Diagnostic Imaging, Porto Carras, Chalkidiki, Greece, **2007**

**Van Ryssen B., Gielen I., Samoy Y., Van Bree H.**

How I manage elbow incongruity.  
Proceedings of the 12<sup>th</sup> Annual ESVOT Congress, Munich, Germany, **2004a**

**Van Ryssen B., Samoy Y., Gielen I., Van Bree H.**

Elbow incongruity: fact or fiction?

Proceedings of the 12<sup>th</sup> Annual ESVOT Congress, Munich, Germany, **2004b**

**Van Ryssen B., Van Bree H.**

Arthroskopie des Ellbogens.

In: **Schebitz H., Brass, W.** (Hrsg.): Operationen an Hund und Katze., 2. Aufl., Parey, Berlin, **1999**; 439-440.

**Van Ryssen B., Van Bree H.**

Advanced arthroscopy in dogs: current experiences in Belgium.

Proceedings of the 10<sup>th</sup> Annual ESVOT Congress, Munich, Germany, **2000**

**Vezzoni A.**

Dynamic ulna osteotomies in treating canine elbow dysplasia.

Proceedings of the 10<sup>th</sup> Annual ESVOT Congress, Munich, Germany, **2000**

**Viehmann B.**

Zur Diagnostik der Ellbogengelenksdysplasie beim Hund: Standardröntgen, Feinfokusröntgen und computergestützte Auswertung.

Diss. med. vet., Berlin, **1998**.

**Viehmann B., Waibl H., Brunnberg L.**

Computergestützte Auswertung von Röntgenbildern zur Erfassung von Parametern der Ellbogengelenksdysplasie: Teil 1.

Kleintierpraxis **1999**; 44 (8): 595-606.

**Voorhout G., Hazewinkel H. A. W.**

Radiographic evaluation of the canine elbow joint with special reference to the medial humeral condyle and the medial coronoid process.

Vet Radiol Ultrasound **1987a**; 28 (5): 158-165.

**Voorhout G., Hazewinkel H. A. W.**

A radiographic study on the development of the antebrachium in Great Dane pups on different calcium intakes.

Vet Radiol Ultrasound **1987b**; 28 (4): 152-157.

**Wagner K., Griffon D. J., Thomas M. W., Schaeffer D. J., Schulz K. S., Samii V. F., Necas A.**

Radiographic, computed tomographic, and arthroscopic evaluation of experimental radio-ulnar incongruence in the dog.

Vet Surg **2007**; 36 (7): 691-698.

**Walde I., Tellhelm B.**

Der fragmentierte Processus coronoideus medialis ulnae (FPC) und die Osteochondritis dissecans (OCD) im Ellbogengelenk und Sprunggelenk des Hundes - Literaturübersicht, Diagnose und Therapie.

Wien Tierarztl Monatsschr **1991**; 78: 414-424.

**Wind A. P.**

Elbow incongruity and developmental elbow diseases in the dog: Part 1.

J Am Anim Hosp Assoc **1986a**; 22: 711-724.

**Wind A. P.**

Elbow incongruity and developmental elbow diseases in the dog: Part 2.

J Am Anim Hosp Assoc **1986b**; 22: 725-730.

**Winhart S.**

Zur Fraktur des Processus coronoideus medialis ulnae beim Hund.  
Diss. med. vet., München, **1991**.

**Wisner E. R., Konde L. J.**

Diseases of the immature skeleton.

In: **Thrall D. E.** (eds): Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology, 4<sup>th</sup> edn., W B Saunders Company, Philadelphia, **2002**; 146-158.

**Wissler R.**

Osteoarthritis - Pathogenese und Therapie in der Tier- und Humanmedizin.  
Kleintier Konkret **2007**; S1 (2007): 26-28.

**Wolschrijn C. F., Weijs W. A.**

Development of the trabecular structure within the ulnar medial coronoid process of young dogs.

Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol **2004**; 278 (2): 514-519.

**Wolschrijn C. F., Weijs W. A.**

Development of the subchondral bone layer of the medial coronoid process of the canine ulna.

Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol **2005**; 284 (1): 439-445.

**Wolvekamp P.**

The many faces of elbow dysplasia. 12<sup>th</sup> Meeting of the International Veterinary Radiology Association, Obihiro-Japan, 2000.

Vet Radiol Ultrasound **2001**; 42 (2): 170.

**Wosar M. A., Lewis D. D., Neuwirth L., Parker R. B., Spencer C. P., Kubilis P. S., Stubbs W. P., Murphy S. T., Shiroma J. T., Stallings J. T., Bertrand S. G.**

Radiographic evaluation of elbow joints before and after surgery in dogs with possible fragmented medial coronoid process.

J Am Vet Med Assoc **1999**; 214 (1): 52-58.

**Yovich J. C., Read R. A.**

Traumatic fracture of the medial coronoid process in two dogs.

Vet Comp Orthop Traumatol **1994**; 7: 173-176.

**Zorko B.**

Reliability of early radiological diagnosis in dogs with fragmented medial coronoid process. 12<sup>th</sup> Meeting of the International Veterinary Radiology Association, Obihiro, Japan, 2000.

Vet Radiol Ultrasound **2001**; 42 (2): 170-171.